

SVEUČILIŠTE U SPLITU
UMJETNIČKA AKADEMIJA
ODJEL ZA LIKOVNE UMJETNOSTI

UTJECAJ ABRAZIVA ZA PJESKARENJE
NA POVRŠINE OBOJENIH METALA
DIPLOMSKI RAD

ODSJEK ZA KONZERVACIJU - RESTAURACIJU

SPECIJALISTIČKO USMJERENJE: KONZERVACIJA-RESTAURACIJA METALA

KOLEGIJ: IZRADA SPECIJALISTIČKOG DIPLOMSKOG RADA:

KONZERVACIJA-RESTAURACIJA METALA

Mentor: Filip Rogošić, viši predavač

Studentica: Karmen Milić

Komentor: Ivica Ljubenković, doc. dr. sc.

SPLIT, rujan, 2017.

ZAHVALA

Zahvaljujem svom mentoru gospodinu ak. kip., prof. lik. kulture – restauratoru Filipu Rogošiću te komentoru gospodinu doc. dr. sc. Ivici Ljubenkovu na potpori tijekom istraživanja i pisanja diplomskog rada. Također zahvaljujem gospodinu Marinu Kelavi na pomoći u provedbi istraživanja te doc. dr. sc. Sagiti Mirjam Sunara koja mi je omogućila korištenje potrebne literature.

Na velikoj pomoći u nabavi metala i abraziva potrebnih za ovo istraživanje zahvaljujem gospodinu Stipi Božiću, gđi Idi Hrabar iz poduzeća Strojopromet, profesorici Višnji Mach-Orlić iz Škole likovnih umjetnosti, gosp. Leonardu Ivančeviću iz poduzeća Ferrum, gosp. Nikoli Dobriću iz poduzeća DNB-COMMERCE i gosp. Stipi Sičiću.

Također zahvaljujem gospođi Jeleni Tomasović-Grbić na ljubaznom ustupanju instrumenata potrebnih za istraživanje te prijateljicama Bernardi Đurić i mr. sc. Mirni Čudić na svesrdnoj pomoći u trenucima kad mi je pomoć trebala.

Hvala mojoj obitelji na podršci i ljubavi tijekom svih ovih godina.

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad istražuje utjecaj abraziva u procesu pjeskarenja na površine različitih metala: aluminijske, bakra, bronce, mjedi, cinka, kositra i olova. Korišteni su nekorodirani metali i isti metali korodirani u triju vodenim otopinama: natrijevog klorida, klorovodične kiseline i natrijevog metabisulfita, tako da kao produkti korozije nastaju kloridne i sulfatne soli. Abrazivi korišteni u ovom istraživanju su: orahova ljuska, soda bikarbona, staklene kuglice, kvarcni pijesak, korund i sačma. Pjeskarenje se vrši u konstantnim uvjetima: udaljenost između mlaznice i uzorka je jednaka za sve metale, a uzorci su pjeskareni pod kutom od 45°, pod tlakom 1 i 5 bara. Površine pjeskarenih uzoraka analizirane su vizualnim pregledom i pod digitalnim mikroskopom. Cilj istraživanja je utvrditi kakav učinak abrazivi imaju na površine obojenih metala kako bi se, s obzirom na svojstva abraziva i metala, olakšao optimalan odabir za buduće konzervatorsko-restauratorske zahvate.

Ključne riječi: pjeskarenje, abrazivi, metali, konzervacija-restauracija

ABSTRACT

This thesis represents an effect of abrasive blast cleaning media on surfaces of different metals: aluminum, copper, bronze, brass, zinc, tin and lead. The afore mentioned metals were used in both non-corroded and corroded forms. The corrosion was conducted in three different water solutions: sodium chloride, hydrochloric acid and sodium metabisulphite the products of which were chloride and sulphate salts. The abrasive media used were: walnut shell, sodium bicarbonate, glass beads, ceramic beads, silica sand, corundum and steel grit. The environment during the blasting process was kept constant: the distance and the angle (45°) between the nozzle and the metal surface and the blasting pressure (1 and 5 bar). The blast cleaned surfaces were then visually inspected with the naked eye and under a digital microscope. The objective of this research was to determine the effect of blast media on the surfaces of non-ferrous metals respective to the properties of both the abrasive media and the metals with a view to facilitating the selection of the best blasting media in future conservation treatments.

Keywords: blast cleaning, abrasive media, metals, conservation-restauration

Sadržaj

1. UVOD	1
2. MEHANIČKO ČIŠĆENJE	2
2.1. Pjeskarenje	2
3. METALI.....	3
3.1. Aluminij	3
3.2. Bakar	4
3.3. Bronca	4
3.4. Mjed	6
3.5. Cink	7
3.6. Kositar	7
3.7. Olovo.....	8
3.8. Patina.....	9
4. ABRAZIVI.....	10
4.1. Orahova ljuska.....	11
4.2. Soda bikarbona.....	12
4.3. Staklene kuglice	13
4.4. Keramičke kuglice.....	14
4.5. Kvarcni pijesak.....	15
4.6. Korund.....	16
4.7. Sačma	17
5. ISTRAŽIVANJE	18
5.1. Korodiranje uzoraka	18
5.1.1. Aluminij.....	20
5.1.2. Bakar	20
5.1.3. Bronca	20
5.1.4. Mjed	20
5.1.5. Cink	21
5.1.6. Kositar	21
5.1.7. Olovo	21
5.2. Pjeskarenje	22
5.3. Vaganje uzoraka	24
6. ANALIZA PJESKARENE POVRŠINE	32
6.1. Orahova ljuska.....	32

6.1.1. Aluminij.....	32
6.1.2. Bakar	36
6.1.3. Bronca	40
6.1.4. Mjed	44
6.1.5. Cink	47
6.1.6. Kositar	51
6.1.7. Olovo.....	57
6.2. Soda bikarbona.....	61
6.2.1. Aluminij.....	61
6.2.2. Bakar	65
6.2.3. Bronca	69
6.2.4. Mjed	73
6.2.5. Cink	77
6.2.6. Kositar	80
6.2.7. Olovo.....	86
6.3. Staklene kuglice	89
6.3.1. Aluminij.....	89
6.3.2. Bakar	93
6.3.3. Bronca	97
6.3.4. Mjed	101
6.3.5. Cink	105
6.3.6. Kositar	109
6.3.7. Olovo.....	115
6.4. Keramičke kuglice.....	119
6.4.1. Aluminij.....	119
6.4.2. Bakar	123
6.4.3. Bronca	127
6.4.4. Mjed	131
6.4.5. Cink	135
6.4.6. Kositar	139
6.4.7. Olovo.....	145
6.5. Kvarcni pijesak.....	148
6.5.1. Aluminij.....	148
6.5.2. Bakar	152
6.5.3. Bronca	156
6.5.4. Mjed	160

6.5.5. Cink	164
6.5.6. Kositar	168
6.5.7. Olovo	174
6.6. Korund	177
6.6.1. Aluminij	177
6.6.2. Bakar	181
6.6.3. Bronca	185
6.6.4. Mjed	189
6.6.5. Cink	193
6.6.6. Kositar	197
6.6.7. Olovo	203
6.7. Sačma	206
6.7.1. Aluminij	206
6.7.2. Bakar	210
6.7.3. Bronca	214
6.7.4. Mjed	217
6.7.5. Cink	221
6.7.6. Kositar	225
6.7.7. Olovo	231
7. ZAKLJUČAK	235
8. TABLICE	238
9. SLIKE	239
10. LITERATURA	243

1. UVOD

Pjeskarenje je kao metodu obrade materijala patentirao Benjamin Chew Tilghman 1870. godine¹. Proces se bazira na potiskivanju agregata pod pritiskom na površinu materijala. Tim postupkom moguće je ispolirati površinu ili je učiniti hrapavijom, kao i pripremiti materijal za daljnju obradu. Razvojem tehnologije povećala se i primjenjivost upotrebe pjeskarenja. Ovisno o različitim parametrima kao i vrsti abraziva, koji variraju od tvrde metalne sačme do neabrazivnog suhog leda, pjeskarenje služi za graviranje, uklanjanje površinskih slojeva sve do završne obrade, a može se primjenjivati na velikom broju materijala (npr. kamen, beton, metal, drvo, staklo,...). Prema sredstvu za potiskivanje abraziva pjeskarenje se dijeli na mokro pjeskarenje, koje koristi tekući medij, i suho pjeskarenje, koje koristi zrak. Pjeskarnici se dijele u različite kategorije prema tehnologiji izrade, veličini, primjeni itd. Najširu primjenu nalaze u industriji, ali se mogu koristiti i u umjetnosti, kao i za čišćenje brodova, fasada, itd.

Konzervacija-restauracija se od ostalih područja u kojima je pjeskarenje primjenjivo razlikuje u tome što zahtijeva što veću zaštitu predmeta i očuvanje površine. Kod nekih vrsta metala dolazi do stvaranja patine na koju također treba paziti jer materijalu pruža zaštitu te se smatra dijelom samog predmeta pa se, stoga, ne smije ukloniti.

Istraživanjem utjecaja abraziva za pjeskarenje na određene vrste metala odredit će se kako ta sredstva utječu na metalne površine. Istraživanje uključuje pripremu metalnih uzoraka: nekorodiranih i korodiranih u trima otopinama: natrijevog klorida, klorovodične kiseline i natrijevog metabisulfita te pregled njihovih površina mikroskopom, pjeskarenje uzoraka različitim abrazivima i na kraju ponovni pregled površina kako bi se ustanovile razlike prije i nakon tretmana. Uvjeti u kojima će se vršiti eksperiment bit će konstantni: udaljenost između mlaznice i uzorka bit će jednaka za sve metale što će se postići izradom stalka, a uzorci će biti pjeskareni pod kutom od 45°. Ispitivanje će se provoditi pod tlakom od 1 i 5 bara.

¹ Momber, A., *Blast Cleaning Technology*, str. 1

2. MEHANIČKO ČIŠĆENJE

Mehaničko čišćenje podrazumijeva čišćenje površine predmeta od nečistoća, premaza, produkata korozije i ostalih štetnih slojeva. Pri tome se koriste četke, skalpeli, gumice, abrazivna sredstva i sl. Taj postupak je uglavnom prvi koji se izvodi u procesu čišćenja predmeta jer se može lakše kontrolirati i često manje zadire u sami materijal. Također se tijekom zahvata mehaničko čišćenje kombinira s kemijskim čišćenjem kako bi se postigao bolji rezultat.

2.1. Pjeskarenje

Pjeskarenje u konzervaciji-restauraciji mehanički je način čišćenja koji koristi mlaz abraziva u obliku granula ili kuglica pod određenim tlakom kako bi se uklonile nečistoće ili premazi s površine. Pri tome je osobito važno paziti da ne dođe do oštećivanja površine, tj. da utjecaj korištenog sredstva na sami materijal bude što manji. Iz tog razloga se pjeskarenje na više načina prilagođava materijalu koji je tretiran. Prvi korak je odabir odgovarajućeg abrazivnog sredstva. Abrazivi se biraju prema karakteristikama granula, odnosno čestica: sastavu, tvrdoći, veličini, obliku i gustoći čestica. Na jačinu abrazivnog djelovanja utječe tlak, tj. brzina kojom čestice udaraju o površinu, udaljenost mlaznice od predmeta, širina mlaznice i kut pod kojim čestice udaraju o površinu. Također je važno i vrijeme izlaganja predmeta djelovanju abraziva.²

Pjeskarenje se vrši pomoću pjeskarnika. Tri su osnovna dijela aparature: spremnik za abrazivno sredstvo, kompresor za potiskivanje abraziva pomoću zraka pod određenim tlakom i mlaznica za usmjeravanje mlaza abraziva. Uz to aparat, ovisno o veličini i namjeni, može imati kućište s otvorima za ruke i rukavicama unutar kojeg se mogu pjeskariti manji predmeti te mehanizam koji usisava abraziv iz komore.

²Nikšić, G. *Uvod u arhitektonsku konzervaciju - Materijali i tehnike.*, str. 25

3. METALI

Metali su kemijski elementi koji se odlikuju određenim zajedničkim fizikalnim i kemijskim svojstvima: svi su čvrste tvari (osim žive), metalnog su sjaja, dobro provode toplinu i elektricitet i neprozirni su; većina reagira s kiselinama, a pojedini metali i s lužinama. U prirodi se nalaze u mineralima koji tvore rude, a vrlo rijetko mogu biti i samorodni. Kao elementarne tvari građeni su od atoma koji su povezani metalnom vezom te tvore kristalnu rešetku. Metalna veza nastaje zbog oblaka slobodnih elektrona unutar rešetke koji se oslobađaju iz vanjskih ljusaka elektronskog omotača atoma. Jakost veze raste s porastom broja elektrona u vanjskoj ljusci, a uvjetuje tvrdoću, talište i vrelište metala.³

Mogućnost mehaničke obrade metala ovisi o vezama među atomima. Naime, s obzirom na građu kristalne rešetke, pod djelovanjem vanjske sile, slojevi atoma mogu kliziti jedan preko drugog, bez pucanja veze među njima. Metali koji se mogu obrađivati na taj način nazivaju se kovine. U procesu obrade mogu se koristiti vanjska sila i toplina koje dovode do deformacija kristalne rešetke, a posljedično i do samog materijala.⁴

Kako bi se postigla željena svojstva materijala koja sami elementi nemaju metali se legiraju s nemetalima ili drugim materijalima.

3.1. Aluminij

Aluminij je laki metal, srebrenaste boje, dobre vodljivosti, mekan (3 po Mohsovoj ljestvici)⁵ i dobrih mehaničkih svojstava. Otporan je na atmosfersku koroziju zbog kompaktnog oksidnog sloja koji se stvara na površini. Reagira s kiselinama i lužinama uz razvijanje vodika. Otpornost prema koroziji povećava se povećanjem debljine oksidnog sloja što se postiže elektrokemijskim putem, tj. eloksiranjem. Na oksidni sloj mogu se nanositi boje koje se zagrijavanjem trajno vežu za podlogu. Legure, osobito one s bakrom, manganom, silicijem, magnezijem i cinkom, imaju bolje karakteristike od čistog aluminija: čvrste su, unatoč maloj gustoći, otpornije su na koroziju, mogu se ljevati i oblikovati, tvrđe su i žilavije, a poliranjem

³ Hrvatska enciklopedija: *Metali*, dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=33551>

⁴ Hrvatska enciklopedija: *Metali*, dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=33551>

⁵ Tabor, D., *The Hardness of Metals*, str. 2, dostupno na: https://books.google.hr/books?hl=en&lr=&id=b-9LdJ5FHXYC&oi=fnd&pg=PA2&dq=mohs+scale+of+hardness+applied+on+metals&ots=A6gYqu1FiN&sig=oS-dLV5SVEO8980ZTAXU_PJ9unw&redir_esc=y#v=onepage&q=mohs%20scale%20of%20hardness%20applied%20on%20metals&f=false

postiću visoki sjaj. Aluminijski spojevi i legure se koriste u zrakoplovstvu, građevinarstvu, prehrambenoj industriji, kemijskoj industriji, umjetnosti, itd.⁶

Za istraživanje se koristi 99,5% aluminij.

3.2. Bakar

Bakar pripada skupini obojenih metala zbog svoje karakteristične crvene boje. U prirodi se uglavnom nalazi u mineralima, pogotovo u spojevima sa sumporom (sulfatima i sulfidima), dok se vrlo rijetko nalazi u čistom stanju. Elementarni bakar je mekan (tvrdoća po Mohsovoj ljestvici je 3⁷), žilav i rastezljiv, može se kovati, valjati i izvlačiti u tanke žice. Izvrstan je vodič topline i elektriciteta. Prilično je otporan na koroziju, ali je termodinamički nestabilan pa reagira i stvara stabilnije spojeve. Bakar ne korodira uz razvijanje vodika, stoga je otporan na neoksidirajuće kiseline. Reagira s kisikom te klorovodičnom, sumpornom i koncentriranom dušičnom kiselinom. Na zraku bakar reagira s kisikom dajući crveni površinski sloj bakrovog (I) oksida, a zatim djelovanjem ugljikovog dioksida prelazi u bazni bakrov karbonat koji tvori zeleni ili vrlo modri sloj. Ovi spojevi tvore minerale, zeleni malahit i modri azurit, koji su postojani i stabilni. Na površini metala tvore kompaktni sloj – patinu, koja djeluje kao zaštita od daljnje korozije. Ova vrsta patine još se naziva i karbonatna patina. Legure bakra mogu korodirati na način da procesi zahvaćaju samo određeni materijal, bilo bakar ili drugi legirani metal. Najpoznatije legure bakra su bronca i mjed (mesing).⁸

U istraživanju se koristi 99,5% bakar.

3.3. Bronca

Bronce su legure bakra (minimalni udio je 60%), kositra i drugih elemenata. Svojstva su promjenjiva, a ovise o dodatcima. Odlikuju se velikom čvrstoćom, tvrdoćom i otpornošću na koroziju. Imaju niže talište pa se lako lijevaju, a mogu se i valjati. Prema sastavu bronca može biti kositrena, alpaka („novo srebro“), crvena bronca, aluminijska, olovna, manganova,

⁶ Periodni sustav elemenata: *aluminij*, dostupno na: <http://www.pse.pbf.hr/hrvatski/elementi/al/index.html>

⁷ Tabor, D., *The Hardness of Metals*, str. 2, dostupno na: https://books.google.hr/books?hl=en&lr=&id=b-9LdJ5FHXYC&oi=fnd&pg=PA2&dq=mohs+scale+of+hardness+applied+on+metals&ots=A6gYqu1FiN&sig=oS-dLV5SVEO8980ZTAXU_PJ9unw&redir_esc=y#v=onepage&q=mohs%20scale%20of%20hardness%20applied%20on%20metals&f=false

⁸ Hrvatska enciklopedija: *bakar*, dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=5344>

silicijeva, kadmijeva, niklova (Monelova) i manganin.⁹ Uz legirane metale po kojima dobiva naziv, tj. koji uz bakar imaju najveći udio, može u manjoj količini sadržavati i druge elemente, npr. željezo, nikal, mangan, kositar, aluminij, cink i olovo. Bronca za umjetnički lijev nekada je sadržavala 10-25% kositra, a danas uz kositar sadržava i manju količinu cinka. Kositrena ili prava bronca sadrži 80% ili više bakra i do 20% kositra uz dodatke drugih metala. Dodatkom fosfora do 1% povećava se tvrdoća, snižava talište i smanjuje žilavost. Tvrdja je od bakra i otporna na koroziju. Može se lijevati, kovati, prešati i valjati. U izradi kovanog novca koristi se bronca koja sadržava 2-6% kositra i 1% cinka. Za izradu zvona koristi se bronca sastava: bakar 75-80% i kositar 20-25%; zvuk zvona ovisi o udjelu kositra. Alpaka, bijeli bakar ili „novo srebro“ sastoji se od 55-60% bakra, 20-40% nikla, 20% cinka i 5 % kositra. To je čvrsti materijal, bijele boje, otporan na koroziju i može se mehanički obrađivati te ima raznoliku primjenu (koristi se npr. kao nakit, u medicini za izradu instrumenata itd.).

Crvena bronca ili strojarski lijev sastoji se od bakra (do 82%) i cinka (do 7%), a može imati i kositra (4-10%) i olova (1-3%). Koristi se u strojarstvu.

Aluminijeva bronca je legura bakra i aluminija (4-11%) uz dodatak kositra, željeza, mangana, nikla i silicija, a mehanička svojstva ovise o omjeru tih komponenti. Prema tome se može lijevati ili mehanički obrađivati. Otporna je na atmosfersku i kemijsku koroziju pa nalazi širu primjenu u industriji i strojogradnji.

Tvrdoća olovne bronce ovisi o udjelu olova (4-30%), a može sadržavati još i kositar, nikal i cink. Veći udio kositra povećava otpornost na koroziju i čini bronzu podatnijom za obradu, a dodatci povećavaju čvrstoću materijala.

Manganova bronca je svijetle boje, a uz mangan može sadržavati i aluminij i kositar. Čvrsta je i tvrda te ima feromagnetična svojstva. Koristi se u elektrotehnici.

Silicijeva bronca sadrži do 4,5% silicija, a dodaju joj se još i kositar, nikal, mangan, olovo, cink i željezo. Otporna je na koroziju i može se lijevati.

Kadmijeva bronca zahvaljujući kadmiju (1%) ima veliku otpornost na temperaturne promjene, tj. otporna je na omekšavanje pri povišenim temperaturama pa se koristi na mjestima gdje dolazi do većeg zagrijavanja (tramvajski vodovi, dalekovodi, priključci itd.). Leguri se dodaje i kositar (1%).

Niklove bronce su posebne vrste bronci čija svojstva uvelike ovise o udjelu nikla u leguri. Legura s 2-3% nikla je otporna i žilava na višim temperaturama. Otpornost na koroziju bronca dobiva sa 10-12% nikla, dok 15-20% čini materijal žilavim u hladnom stanju. Za izradu

⁹ Klarić, M., *Uvod u kozervaciju kovina*, str. 32

novčića koristi se legura bakra i 25% nikla, a 40-50% nikla tvori leguru poznatu pod imenom konstantan koja se koristi u elektroindustriji. Kada sadrži 70% nikla, legura se naziva Monelov metal i veoma je otporna na koroziju. Pri udjelu nikla 8-16% i uz dodatak aluminija 1,5-3%, dobiva se materijal velike čvrstoće, pogodan za kovanje.

Manganin je vrsta bronce koja se sastoji od bakra (82-84%), mangana (12-15%) i nikla (2-4%). Otporan je na toplinu, a koristi se u elektrotehnici.

U istraživanju se koristi bronca CuSn6 koja sadrži više od 80% bakra, između 5,5% i 7% kositra te ostale elemente u koncentraciji manjoj od 0,5%.¹⁰

P	0,02 - 0,40 %
Sn	5,50- 7,00 %
Pb	max. 0,02 %
Zn	max. 0,30 %
Fe	max. 0,10 %
Cu	ostatak

Tablica 1. Kemijski sastav bronce CuSn6

3.4. Mjed

Mjed ili mesing je legura bakra i cinka uz moguće dodatke olova, nikla, mangana, aluminija, željeza i kositra. Otporan je na koroziju, tvrdi je i od bakra i od cinka, ali mekši od bronce pa se lakše obrađuje. Dobrih je mehaničkih svojstava. Može se izvlačiti, valjati, savijati, tokariti, lijevati i polirati, što je posljedica strukture kristalne rešetke. Prema sastavu postoji više vrsta mjedi koje se koriste sukladno svojim svojstvima (npr. crvena, žuta i bijela mjed, zlatna mjed, „nordijsko zlato“, alfa-mjed, beta-mjed, aluminijska mjed, arsenova mjed, itd.). Boja metala također ovisi o sastavu, pa npr. porastom udjela cinka u mjedi boja prelazi iz crvene, preko žute do bijele. Raznolikost sastava i svojstava koji iz toga proizlaze omogućuju široku primjenu mjedi u mnogim područjima (u umjetnosti, za izradu žica glazbenih instrumenata, u građevini, obrtima, strojogradnji,...).¹¹

¹⁰ Tehnički list - CuSn6, dostupno na: http://www.aurubis-stolberg.com/wdb/band/eng/Copper%20tin/CuSn6-PNA%20282_EN.pdf

¹¹ Hrvatska enciklopedija: *mjed*, dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=41296>

Istraživanje se vrši na mjedi CuZn37 koji sadržava 62-64% bakra i preostalo cinka.¹²

3.5. Cink

Cink je neplemeniti metal dobre provodljivosti elektriciteta, niskog tališta i pri niskim temperaturama loših mehaničkih svojstava. Zagrijavanjem na 100°- 150°C može se razvlačiti, dok se pri temperaturi iznad 200°C mehanička svojstva pogoršavaju. Na suhom zraku se ne mijenja, a na vlažnom zraku i u prisutnosti vode cink se presvlači slojem bijelog oksida i karbonata koji ga štiti od daljnje atmosferske korozije. Otpornost na vanjske utjecaje ovisi o mogućnosti stvaranja zaštitnog sloja koja ovisi o pH vrijednosti, ukupnoj količini kalcija i ukupnoj alkalnosti. Na koroziju cinka utječu još i otopljeni kisik i drugi plinovi, tvrdoća vode, temperatura, otopljene soli, prisutnost sumpora te djelovanje mikro i makro organizama. Reagira s kiselinama i jakim lužinama. U kiselim medijima korodira brže nego u lužnatim jednake jakosti. Tvrdoća cinka iznosi 2,5 po Mohsovoj ljestvici¹³. Zbog svojih mehaničkih svojstava i kemijske pasivnosti zbog stvaranja zaštitnog filma cink se ne koristi kao konstrukcijski materijal, nego se upotrebljava za legiranje i u obliku zaštitnih prevlaka. Legure cinka (osobito s aluminijem i bakrom) čvršće su od cinka, ali su podložne stvaranju korozije pa im se dodaje magnezij i litij, a pokušava smanjiti udio olova, kadmija i kositra kako bi se usporio proces korodiranja.¹⁴

U istraživanju se koristi 99,99% cink.

3.6. Kositar

Kositar je mek metal (tvrdoća po Mohsovoj ljestvici je 1,5¹⁵), otporan na koroziju, niskog tališta, visoke otpornosti i lagan za obradu. Osjetljiv je na promjenu temperature koja

¹² Katalog *Strojoprometa*, str. 15

¹³ Tabor, D., *The Hardness of Metals*, str. 2, dostupno na: https://books.google.hr/books?hl=en&lr=&id=b-9LdJ5FHXYC&oi=fnd&pg=PA2&dq=mohs+scale+of+hardness+applied+on+metals&ots=A6gYqu1FiN&sig=oS-dLV5SVEO8980ZTAXU_PJ9unw&redir_esc=y#v=onepage&q=mohs%20scale%20of%20hardness%20applied%20on%20metals&f=false

¹⁴ Periodni sustav lelemenata: *zink*, dostupno na: <http://www.pse.pbf.hr/hrvatski/elementi/zn/index.html>

¹⁵ Tabor, D., *The Hardness of Metals*, str. 2, dostupno na: https://books.google.hr/books?hl=en&lr=&id=b-9LdJ5FHXYC&oi=fnd&pg=PA2&dq=mohs+scale+of+hardness+applied+on+metals&ots=A6gYqu1FiN&sig=oS-dLV5SVEO8980ZTAXU_PJ9unw&redir_esc=y#v=onepage&q=mohs%20scale%20of%20hardness%20applied%20on%20metals&f=false

uzrokuje promjenu u samoj strukturi metala, a očituje se kao gubitak sjaja površine pa ona postaje mutna i siva, a zatim se stvaraju sivo-crne mrlje koje se šire i pretvaraju kositar u prah. Zbog toga metal postaje lomljiv i lako puca. Do ovog procesa dolazi na temperaturi nižoj od 13°C, a uzrok su titan i germanij prisutni u strukturi metala koji se aktiviraju pri nižim temperaturama. Ova pojava zove se kositrena kuga, traje dok se ne uništi sav metal, a može zahvatiti i predmete koji su u dodiru ili čak u istoj prostoriji s oštećenim predmetom. Širenje ovog tipa korozije može se zaustaviti povišenjem temperature na 40°C, a zatim tretiranjem kako bi se materijal stabilizirao. Kositar je stabilan na zraku i vodi, a površina je obložena čvrstim oksidnim filmom. Oksidira se vrućim zrakom, odnosno kisikom i vodenom parom. Sporo reagira s razrijeđenom kiselinom, a brže u vrućim koncentriranim lužinama. Izravno se spaja s halogenim i halkogenim elementima. Koristi se za elektropatiniranje (osobito željeza i čelika), a s obzirom da nije otrovan i da je otporan na koroziju koristi se i u prehrambenoj industriji. Rastaljeni kositar lako otapa druge metale pa se često koristi za legiranje (npr. bronce, „bijelog lima“, u zubotehnici itd.) i za lemljenje.¹⁶ U istraživanju se koriste dvije legure kositra: 60%-ni kositar (kositar 60%, olovo 40%¹⁷) i 75%-ni kositar (kositar 75%, olovo 25%).

3.7. Olovo

Olovo je mekani metal, plavo-sive boje, male čvrstoće i loših mehaničkih svojstava. U odnosu na druge metale, slabo provodi toplinu i elektricitet. Podložno je deformacijama uz upotrebu vrlo male sile (može se rezati nožem i deformirati rukama), može se valjati u tanke folije i limove te izvlačiti u žice. Tvrdća po Mohsovoj ljestvici iznosi 1,5¹⁸. Na zraku stvara zaštitni sloj oksida koji je tamniji od elementarnog metala. Reagira s organskim kiselinama, ali je otporno na djelovanje sumporne i klorovodične kiseline kao i na djelovanje klora, sumporovog dioksida i sumporovodika. U prirodi se uglavnom pojavljuje u rudama, vrlo

¹⁶ Hrvatska enciklopedija: *kositar*, dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=33326>

¹⁷ Sigurnosni list, dostupno na: https://www.qualitek.com/Sn60Pb40_Solid_MSDS.pdf

¹⁸ Tabor, D., *The Hardness of Metals*, str. 2, dostupno na: https://books.google.hr/books?hl=en&lr=&id=b-9LdJ5FHXYC&oi=fnd&pg=PA2&dq=mohs+scale+of+hardness+applied+on+metals&ots=A6gYqu1FiN&sig=oS-dLV5SVEO8980ZTAXU_PJ9unw&redir_esc=y#v=onepage&q=mohs%20scale%20of%20hardness%20applied%20on%20metals&f=false

rijetko samorodno. Olovo se koristi u proizvodnji akumulatora, za radiološke obloge, u proizvodnji određenih pigmenata, kao i za izradu krovnih obloga. Također se koristi kao dodatak legurama kako bi im se poboljšala mehanička svojstva.¹⁹

Za istraživanje se koristi 99,99% olovo.

3.8. Patina

Patina je sloj na površini materijala koji nastaje kao produkt kemijskih reakcija, a djeluje kao zaštitni sloj. Budući da se metali dobivaju iz ruda i u tom obrađenom stanju su uglavnom nestabilni, kemijskim procesima vraćaju se u prirodno, stabilno stanje. Prema tome, procesi korodiranja nisu ništa drugo nego prelaženje u stabilno stanje. Produkti korozije ovise o vrsti metala. Oni tipovi korozije koji potiču daljnje reakcije u dubljim slojevima materijala su štetni za predmete koje zahvate pa ih je potrebno ukloniti i predmete stabilizirati. Korozijski produkti koji tvore čvrsti, kompaktni film na površini materijala i time sprječavaju prodiranje agresivnih tvari u unutrašnje slojeve nazivaju se patine te se ne uklanjaju s površine metala. Obojeni metali uglavnom tvore oksidne slojeve koji ih štite od prodiranja nagrizajućih tvari. Osim oksida patinu mogu tvoriti još i karbonati, a u nekim slučajevima i kloridi i sulfati.

¹⁹ Periodni sustav elemenata: *olovo*, dostupno na: <http://www.pse.pbf.hr/hrvatski/elementi/pb/index.html>

4. ABRAZIVI

Abrazivi za pjeskarenje su materijali u zrnatom ili praškastom obliku, različitih fizikalnih, kemijskih i tehničkih svojstava. Prema Momberu mogu se dijeliti na metalne i nemetalne abrazive. Razlikuju se prema sljedećim svojstvima: strukturi, tvrdoći i specifičnoj gustoći materijala, tehničkim svojstvima, obliku i veličini čestica te nasipnoj težini.²⁰

Struktura čestica odnosi se na konstrukciju i simetriju kristalne rešetke, kemijski sastav i raspored atoma u čestici, šupljine, rascjepa te prisutnost drugih elemenata, tj. nečistoća u samom materijalu. Šupljine i rascjepi kao i prisutnost nečistoća utječu na kvalitetu abraziva jer mogu dovesti do raspadanja čestica tijekom pjeskarenja. U tom slučaju, ukoliko se radi o većem broju čestica manjkave kvalitete, dolazi do promjene svojstava abraziva. Dolazi i do smanjenja iskoristivosti jer se smanjuje broj ciklusa pjeskarenja u kojima se može koristiti isti abraziv.

Tvrdoća materijala može se odrediti pomoću više metoda, a ovdje se navode tri ljestvice: tvrdoća po Mohsovoj i tvrdoća po Vickersovoj, odnosno Knoopovoj ljestvici. Mohsova ljestvica koristi se za određivanje tvrdoće minerala, a temelji se na usporedbi ispitivanog materijala s materijalima poznate tvrdoće; potomjim se struže po ispitivanom materijalu, a pregledom i usporedbom nastalih oštećenja određuje se tvrdoća, odnosno je li ispitivani materijal mekši ili tvrdi od materijala poznate tvrdoće. Tvrdoća po Vickersu je ljestvica koja se koristi uglavnom za metale, a ispitivanje se vrši na način da se na ispitivani materijal vrši pritisak piramidalno oblikovanim dijamantom te se mjeri sila i površina otiska na materijalu. Inačica Vickersove metode je Knoopova metoda kojom se mjere tvrdoće relativno krhkih materijala, kao što su staklo i keramika, a rezultati se iskazuju Knoopovom ljestvicom.

Unatoč tome što se za različite vrste materijala koriste različite ljestvice, radi jednostavnosti i preglednosti rezultata istraživanja, sve vrijednosti tvrdoće u ovom radu bit će izražene Mohsovom ljestvicom.²¹

Abrazivi mogu biti okruglog, uglatog ili cilindričnog oblika. Kuglice ili perle su okrugle čestice koje unatoč svom nazivu ne moraju biti oblika pravilne kugle već su sferične i zaobljenih rubova. Uglate čestice nazivaju se granule ili granulati, imaju oštrije rubove i nepravilnog su oblika. Cilindrične čestice dobivaju se rezanjem žice, a radi se o čeličnim abrazivima.²²

²⁰ Momber, A., *Blast Cleaning Technology*, str.7

²¹ Momber, A., *Blast Cleaning Technology*, str.13.-16.

²² Momber, A., *Blast Cleaning Technology*, str. 17.

Nasipna težina je omjer mase i volumena, tj. gustoća znatog ili praškastog materijala. Za razliku od specifične gustoće nasipna težina je promjenjiva jer volumen obuhvaća i šupljine koje nastaju prilikom sipanja materijala.

4.1. Orahova ljuska

Mljevenjem orahove ljuske dobiva se mekano abrazivno sredstvo (3-4 po Mohsovoj ljestvici) male specifične tvrdoće ($1,2-1,4 \text{ g/cm}^3$). S obzirom da se dobiva iz prirodnog materijala čestice nisu ujednačene, mogu biti od uglatog do polu-zaobljenog oblika, veličine 0,4-1 mm. Osim toga mogu se koristiti više puta, a i ne onečišćuju okoliš. Ljuske ne oštećuju površinu pa imaju široku primjenu: prikladne su za mekane i osjetljive materijale (npr. mekani metali, staklo, plastika, drvo, drago kamenje), za uklanjanje premaza i grafita, čišćenje električnih dijelova i turbina aviona, itd. Mogu se koristiti i za poliranje.²³



Slika 1. Orahova ljuska

²³Opta Minerals Inc.: *Walnut Shell Abrasive*, dostupno na: <http://www.optaminerals.com/Abrasives/Walnut-Shells.html>

4.2. Soda bikarbona

Soda bikarbona, bijeli kristalni prah natrijevog hidrogenkarbonata²⁴ može se koristiti i u suhom i u mokrom pjeskarenju. Specifična težina je 1,1-1,3 g/cm³, a tvrdoća 2,5 po Mohsovoj ljestvici. Služi za pjeskarenje različitih materijala (npr. željeza, kamena, betona, drva, stakla), za čišćenje i uklanjanje premaza. Koristi se i za uklanjanje grafita s fasada te za sanaciju površina nakon požara. S obzirom da je meki i lagani abraziv i da ne oštećuje površinu može se koristiti i za čišćenje osjetljivih površina gdje ne smije doći do oštećenja (npr. ventili, ležajevi itd.).²⁵



Slika 2. Soda bikarbona

²⁴ Hrvatska enciklopedija: *soda bikarbona*, dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=56957>

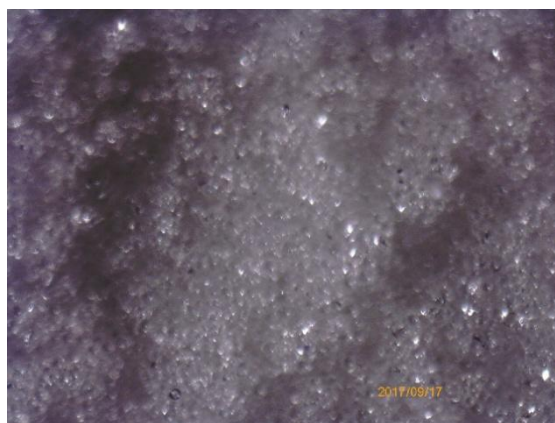
²⁵ Tehnički Sistemi: *sodabikarbona*, dostupno na: http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/soda_bikarbona/

4.3. Staklene kuglice

Staklenim kuglicama mogu se pjeskariti metalni i nemetalni predmeti. Koriste se za čišćenje, učvršćivanje i poliranje površine. Ovaj abraziv se koristi za čišćenje varova na konstrukcijama od nehrđajućeg čelika, elektroničkih komponenti i mehanizama. Nakon pjeskarenja površina je matirana, antirefleksna i ispolirana. Granulacija je 40-70 μm ²⁶, tvrdoća 6 po Mohsovoj ljestvici, a specifična težina 2,50 g/cm³.²⁷

SiO ₂	min 65,0%
Al ₂ O ₃	0,5-2,0%
FE ₂ O ₃	max 0,15%
MgO	min 2,5%
CaO	min 8,0%
Na ₂ O	min 14,0%
Drugo	max 2,0%

Tablica 2. Kemijski sastav abraziva



Slika 3. Staklene kuglice

²⁶ Tehnički sistemi: *staklene kuglive 40-70 μm* , dostupni na:

http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/staklene_kuglice_perle/486/staklene_kuglice_40_70_m/

²⁷ Tehnički Sistemi: *staklene kuglice*, dostupno na:

http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/staklene_kuglice_perle/

4.4. Keramičke kuglice

Keramičke kuglice su abrazivi napravljeni na bazi cirkonija, a proizvode se taljenjem. Granule su okrugla zrna, veličine 63 – 125 μm , tvrdoće 7-7,5 po Mohsovoj ljestvici, specifične težine oko 3,8 g/cm^3 . Koriste se za čišćenje i poliranje, a s obzirom na tvrdoću mogu se višekratno koristiti.²⁸

ZrO ₂	60-70 %
SiO ₂	28-30%
Al ₂ O ₃	<10 %

Tablica 3. Kemijski sastav abraziva



Slika 4. Keramičke kuglice

²⁸ Tehnični Sistemi: *keramičke kuglice*, dostupno na:

http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/keramicke_kuglice_perle/561/keramicke_kuglice_k_120/

4.5. Kvarcni pijesak

Kvarc ili kremen je mineral koji je u prirodi vrlo rasprostranjen. Po sastavu je silicijev dioksid (SiO_2), velike tvrdoće (7 po Mohsovoj ljestvici²⁹) i sjaja te se nepravilno lomi. Nalazi ga se u različitim oblicima i bojama, ovisno o primjesama, a raspadanjem stijena nastaje pijesak čija su zrnca nepravilnog oblika i različitih veličina. U ovom istraživanju koristi se kvarcni pijesak žućkaste boje i veličine čestica 0,4 - 0,8 mm.³⁰

Kvarcni pijesak se kao sredstvo za pjeskarenje sve više izbacuje iz upotrebe jer učestalim korištenjem ovaj abraziv izaziva silikozu³¹ koja može dovesti i do razvijanja karcinoma.

SiO_2	95,5%
Al_2O_3	0,65%
Fe_2O_3	0,04
MgO	0,1%
CaO	0,1%

Tablica 4. Kemijski sastav abraziva³²



Slika 5. Kvarcni pijesak

²⁹ Tabor, D., *The Hardness of Metals*, str. 2,

³⁰ Hrvatska enciklopedija: *kremen*, dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=33866>

³¹ Silikoza je trajno ožiljkavanje pluća uzrokovano udisanjem prašine silicijeva dioksida; dostupno na: <http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-za-pacijente/bolesti-pluca-i-disnih-putova/profesionalne-bolesti-pluca/silikoza>

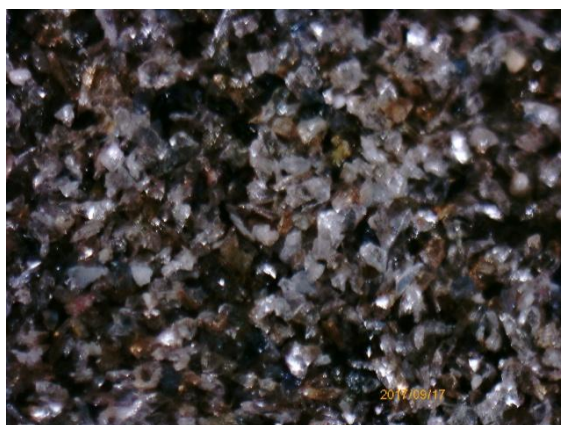
³² Sigurnosni list – kvarcni pijesak, dostupno na: <http://www.pjeskara-kvarc.com/wp-content/uploads/2014/08/SIGURNOSNI-LIST-suhi-kvarcni-pijesak.pdf>

4.6. Korund

Smeđi korund je tvrdo (9 po Mohsovoj ljestvici), žilavo i vrlo abrazivno sredstvo za pjeskarenje. Granule su uglastog oblika što im daje oštrinu. Pjeskarenje korundom nema štetnog utjecaja na okoliš niti na ljudsko zdravlje (ne sadrži silikate). Isti abraziv može se koristiti između 20 i 30 ciklusa te se može koristiti manji pritisak zraka. Upotrebljava se za brušenje, glaćenje i poliranje. Specifična težina iznosi 3,9-4,1 g/cm³, a veličina čestica je 63-106 µm.³³

TiO ₂	2,42 %
Fe ₂ O ₃	0,12 %
SiO ₂	0,92 %
CaO	0,35 %
MgO	0,22 %
Al ₂ O ₃	95,65%

Tablica 5. Kemijski sastav abraziva



Slika 6. Korund

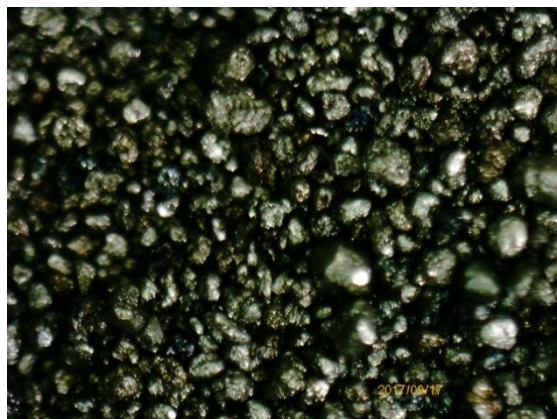
³³ Tehnički Sistemi: *korund*, dostupno na:
http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/korund_bijeli_smedzi_mjesani/smedzi_korund/522/korund_vrlo_fine_granulacije_53_do_212_m/

4.7. Sačma

Čelična sačma, odnosno granulat je tvrdi abraziv (8 po Mohsovoj ljestvici³⁴) koji se koristi za uklanjanje površinskih slojeva, kao što su boje, masnoće, nečistoće ili korozija, hrapavljenje i pripremu površine za nanošenje zaštitnih sredstava. Prikladan je za višekratnu upotrebu.³⁵

C	0,85 - 1,20 %
Si	0,40 - 1,50 %
Mn	0,35 - 1,20 %
S	max. 0,05 %
P	max. 0,05 %
Fe	preostalo

Tablica 6. Kemijski sastav abraziva



Slika 7. Sačma

³⁴ Tabor, D., *The Hardness of Metals*, str. 2,

³⁵ Tehnični Sistemi: *čelična sačma*, dostupno na:

http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/celiczna_sacma_grit/

5. ISTRAŽIVANJE

Istraživanje je provedeno na nekorodiranim i korodiranim uzorcima. Nakon odabira abraziva i metala trebalo je odrediti koje vrste otopina koristiti za stvaranje korozije na uzorcima. Trebalo je odabrati vrste otopina koje će biti korištene za stvaranje korozije na uzorcima. Uzevši u obzir učestalost pojave određenih vrsta produkata korozije u podneblju u kojem se istraživanje provodi odabrane su vodene otopine: natrijevog klorida (NaCl , 4%-tna otopina), klorovodične kiseline (HCl , 1 mol, 3,08%-tna otopina) i natrijevog metabisulfita ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, 3%-tna otopina). Bitno je napomenuti da u vodenoj otopini natrijev metabisulfit prelazi u natrijev hidrogensulfit koji u reakciji s prije spomenutim metalima stvara sulfidne i sulfatne soli. Korozija se u odabranim otopinama odvija u neutralnom i blago kiselom mediju. Produkti korozije su kloridi, sulfidi i sulfati. Reakcija se odvija pri sobnoj temperaturi.

5.1. Korodiranje uzoraka

Uzorci za pjeskarenje su pločice dimenzija otprilike 3x3 cm izrezane iz limova različitih metala. Debljina pločica je različita, ovisno o vrsti metala. Dimenzije kositrenih pločica imaju veća odstupanja od pločica ostalih metala. Razlog tome jest što se kositar proizvodi u obliku štapova za lemljenje te ga je najprije trebalo rastaliti i izvaljati u lim iz kojeg su se onda mogli rezati uzorci.

Prije postavljanja uzoraka za pjeskarenje u otopine napravljene su probe kojima su utvrđeni rezultati korodiranja u navedenim otopinama. Probni uzorci su u sterilnim čašicama uronjeni u otopine te su, uz povremene kontrole, ostavljeni u otopinama trideset dana, što je predviđeno vrijeme korodiranja uzoraka za pjeskarenje. Pločica cinka uronjenog u otopinu klorovodične kiseline izvađena je iz otopine nakon otprilike 24 sata jer je došlo do ubrzanog propadanja metala te nije bilo moguće zadržati uzorak u otopini.

Probni uzorci su pokazali da je pločice potrebno postaviti uspravno kako bi korodirale s obje strane. Za stvaranje korozije bilo je potrebno postaviti uzorke u posude i napraviti podloške od materijala koje otopine ne razgrađuju i koji neće utjecati na proces korodiranja. Stoga su korištene jednokratne plastične posude za hranu, a kao podloga je korišten stiropor. Stiropor i plastična ambalaža su inertni i stabilni materijali pa su zbog tih svojstava kao i zbog pristupačne cijene odabrani za provođenje ovog dijela eksperimenta. Pločice su odmašćene,

uglavljene u stiroporsku podlogu kako bi ostale u uspravnom položaju te su postavljene u kutije. Olovne pločice su pobrušene kako bi se uklonio sloj oksida s površine. Uzorci svake od osam vrsta metala stavljeni su u po tri zasebne posude, u koje je dodana po jedna od tri otopine tako da su uzorci bili cijelom površinom uronjeni u otopinu. Pri tome je trebalo osigurati da stiroporske podloge ne isplivavaju na površinu. Svaka od ukupno 24 plastične posude omotana je plastičnom folijom koja služi kao izolacija od vanjskih elemenata i sprječava isparavanje otopine.

Uzorci za pjeskarenje izvađeni su iz otopina nakon trideset dana (izuzetak su jedino pločice cinka koje su iz otopine HCl izvađene nakon otprilike 24 sata), isprani su destiliranom vodom i stavljeni u sušionik. Nakon sušenja uzorci su fotografirani, pohranjeni u plastične vrećice s oznakama, izmjerena im je masa i snimljeni su pod mikroskopom te su pripremljeni za pjeskarenje.



Slika 8. Priprema uzoraka - uzorci uglavljeni u stiroporsku podlogu



Slika 9. Priprema uzoraka - uzorci postavljeni u kutije



Slika 10. Priprema uzoraka - kutije omotane plastičnom folijom

5.1.1. Aluminij

Površine aluminijskih uzoraka korodiranih u otopinama natrijevog klorida i klorovodične kiseline su nagrižene korozijom, žućkaste su boje i bez sjaja. Na površini pločica stvara se sloj aluminijevog klorida (AlCl_3). Uzorci koji su bili uronjeni u otopinu kiseline oštećeniji su od onih uronjenih u otopinu soli zbog kiselosti medija, unatoč tome što u reakcijama aluminija s obje otopine nastaju kloridi. U otopini natrijevog metabisulfita dolazi do nastajanja hidratiziranih sulfata. S obzirom na relativno kratko vrijeme izlaganja aluminija otopini na površini su promjene golim okom jedva vidljive, dok je pod mikroskopom vidljivo blago matiranje površine kao rezultat kemijskih reakcija.³⁶

5.1.2. Bakar

U otopinama natrijevog klorida i klorovodične kiseline na površini uzoraka nastaje bakrov klorid. Pločice bakra u otopini natrijevog klorida presvučene su tamnosmeđim do crnim slojem, dok su one u otopini klorovodične kiseline od svjetlocrvene poprimile smeđu do tamnosmeđu nijansu. U otopini natrijevog metabisulfita u reakciji s bakrom nastaju hidratizirani sulfati. Na plavkasto-sivoj površini kristaliziraju sulfatne soli.³⁷

5.1.3. Bronca

Brončani uzorci su uslijed kemijskih reakcija izgubili metalni sjaj. U otopini natrijevog klorida nastaje tamni crvenkasto-smeđi sloj. S obzirom na sastav legure na površini bronce u reakciji s klorovodičnom kiselinom nastaju kloridi različitih elemenata pa površinski sloj varira od svjetlosmeđe do tamne, gotovo crne boje. Uzorci bronce u otopini sulfata neravnomjerno korodiraju. Nastali sloj korozije sastoji se od crvenkasto-smeđih i tamnih sivkasto-plavih područja vidljivih pod mikroskopom te crvenih igličastih kristalića bakrovih soli.

5.1.4. Mjed

Mjed u otopinama klorida gubi sjaj. Na uzorcima u otopini natrijevog klorida nastaje neravnomjerni sloj žućkasto-smeđe korozije koja nije zahvatila cijelu površinu. Na rubu pločice kristalizira cinkova sol. U klorovodičnoj kiselini dolazi do izlučivanja bakra te se

³⁶ Oesch, S.; Faller M., *Environmental Effects on Materials: the Effect of the Air Pollutants SO_2 , NO_2 , NO and O_3 on the Corrosion of Copper, Zinc and Aluminum. A Short Literature Survey and Results of Laboratory Exposures*, str. 1522.-1525.

³⁷ Oesch, S.; Faller M., *Environmental Effects on Materials: the Effect of the Air Pollutants SO_2 , NO_2 , NO and O_3 on the Corrosion of Copper, Zinc and Aluminum. A Short Literature Survey and Results of Laboratory Exposures*, str. 1513.-1519.

pločica presvlači crvenim i zelenim slojem bakra, odnosno bakrova klorida. Pod mikroskopom je vidljivo nastajanje rupičaste korozije (engl. *pitting*). U otopini sulfita mjed zadržava sjaj. Površina tamni, a pod mikroskopom su vidljive zelenkaste nakupine bakrovih sulfata te crveni kristalići kristalizirane bakrove soli.

5.1.5. Cink

Reakcijom cinka u otopini natrijevog klorida nastaje cinkov klorid koji kristalizira na površini uzoraka u obliku bijelih nakupina. Pod mikroskopom je vidljiva rupičasta korozija. U otopini klorovodične kiseline pločica cinka brzo propada. Nastaju kloridi i hidrokloridi cinka. Na površini je nastao tamnosivi do crni sloj produkata korozije koji se lako osipa, a sami uzorak metala postao je jako krhak. Pod mikroskopom je vidljiva rupičasta korozija te kristali cinkovih soli. Površina uzoraka u otopini natrijevog metabisulfita je potamnila do tamnosive i crne boje. Cinkove soli (sulfati) su kristalizirale na pločici.³⁸

5.1.6. Kositar

Otopina natrijevog klorida blago nagriza površinu pločice kositra tako da je korodirana pločica manje sjajna te je došlo do blage promjene boje. Pod mikroskopom su vidljivi kristali kositrovih soli. U klorovodičnoj kiselini reakcijom s kositrom nastali su kositrovi kloridi koji kristaliziraju na površini metala. U reakciji kositra s otopinom natrijevog metabisulfita nastali su kositrovi sulfati. Površina je potamnila, a pod mikroskopom je vidljiva rupičasta korozija.³⁹

5.1.7. Olovo

U otopini natrijevog klorida površina olovne pločice presvlači se zelenkasto-sivim slojem klorida. Olovo u klorovodičnoj kiselini stvara zaštitni sloj olovnih klorida koji onemogućuju daljnje prodiranje korozije u metal. Slična reakcija odvija se i u otopini natrijevog metabisulfita gdje u reakciji s olovom nastaje sloj olovnih sulfata koji sprječavaju napredovanje korozije.

³⁸ Oesch, S.; Faller M., *Environmental Effects on Materials: the Effect of the Air Pollutants SO₂, NO₂, NO and O₃ on the Corrosion of Copper, Zinc and Aluminum. A Short Literature Survey and Results of Laboratory Exposures*, str. 1519.-1522.

³⁹ Muneera, C. I.; Varghese, S.; Unnikrishnan Nayar, V., *Effect of Sulfur Dioxide on the Oxidation on Thin films of Tin*

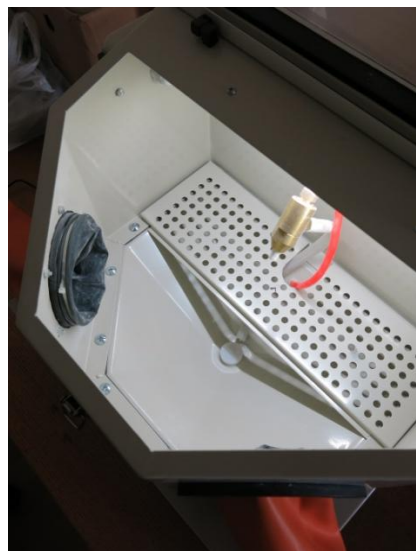
5.2. Pjeskarenje

U istraživanju se koristi injektorska kabina za precizno pjeskarenje manjih predmeta SBC 30⁴⁰ s mlaznicom promjera 3 mm.

Pjeskarenje uzoraka se vršilo pod kutom od 45°. Dubina kućišta pjeskarnika te mlaznica fiksirana za kućište pod željenim kutom razlozi su zbog kojih je trebalo napraviti stalak za uzorke koji će biti podvrgnuti pjeskarenju. Uzorci su trebali biti učvršćeni na stalak, a trebala se moći regulirati i udaljenost između uzoraka i mlaznice. Stalak je izrađen tako da se sastoji od trokutastog podnožja koje nosi četiri vijka s maticama pomoću kojih se regulira udaljenost uzorka od mlaznice. Na matice je položena horizontalna metalna ploča na koju se manjom pločicom i vijcima uzorak učvršćuje za podlogu. Dio uzorka koji je prekriven manjom pločicom ostaje zaštićen od abraziva prilikom pjeskarenja.⁴¹



Slika 12. Pjeskarnik



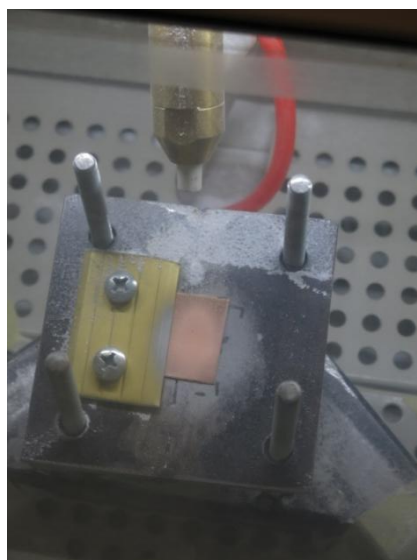
Slika 11. Unutrašnjost pjeskarnika

⁴⁰ Tehnični Sistemi: *Injektorska kabina za precizno pjeskarenje manjih stvari SBC 30*, dostupno na: http://pjeskarenje.hr/proizvodi/pjeskarenje/kabine_za_pjeskarenje/injektorske_kabine_za_peskanje/935/injektorska_kabina_za_precizno_pjeskarenje_manjih_stvari_sbc_30/

⁴¹ Osmislio i izradio gosp. Marin Kelava



Slika 14. Stalak



Slika 13. Uzorak učvršćen na stalku

Prije pjeskarenja uzoraka napravljene su probe kako bi se utvrdila udaljenost uzoraka od mlaznice te je odabrana udaljenost koja iznosi 3 cm od vrha mlaznice do ploče, a od sredine uzorka do vrha mlaznice otprilike 5 cm (razlike u udaljenosti nastaju zbog debljine i površine uzoraka, promjena tlaka i svojstava abraziva). Probama pjeskarenja pod različitim tlakovima odlučeno je da će se pjeskarenje vršiti pod tlakom od 1 i 5 bara u periodu od 5 sekundi na istom uzorku, prvo nižim tlakom s jedne, a zatim višim tlakom s druge strane pločice.

Tijekom procesa pjeskarenja javljali su se različiti problemi: odstupanje u tlaku, smanjen protok abraziva i odstupanja u visini podloge. Pri samom pjeskarenju dolazilo je do smanjenja ili povećanja tlaka pa je bila potrebna redovita kontrola. Odstupanja su uglavnom bila do 0,5 bar. Smanjenje protoka abraziva uzrokovano je ili povremenim začepljenjem mlaznice ili rasipanjem abraziva uslijed pjeskarenja. Odstupanja u visini nastajala su prilikom promjene uzoraka.

5.3. Vaganje uzoraka

Uzorcima je izmjerena masa prije i nakon svakog pjeskarenja. Za mjerenje mase korištena je digitalna vaga *Leuchtturm* (0,01 do 100 g). Iako je očekivano da se masa uzoraka smanjuje nakon svakog pjeskarenja, mjerenja su kod velikog broja uzoraka pokazala upravo suprotno: mase uzoraka su se nakon pjeskarenja povećale zbog zaostajanja abraziva na površini metala. U tablicama u nastavku prikazane su mase uzoraka prije pjeskarenja te nakon pjeskarenja pod manjim i većim tlakom.

Abraziv: ORAHOVA LJUSKA				
materijal	uzorak korodiran u otopini	masa / g prije pjeskarenja	masa / g pjeskareno 1 bar	masa / g pjeskareno 5 bar
Aluminij	nekorodirani	1,35	1,44	1,46
Al	NaCl 4%	1,48	1,43	1,39
	HCl 1mol	0,84	0,87	0,89
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	1,38	1,36	1,37
Bakar	nekorodirani	4,49	4,49	4,56
Cu	NaCl 4%	4,14	4,14	4,2
	HCl 1mol	4,44	4,47	4,5
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,24	4,23	4,18
Bronca	nekorodirani	16,84	16,91	17,01
	NaCl 4%	16,35	16,39	16,41
	HCl 1mol	16,75	16,79	16,82
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	17,59	17,93	17,99
Mjed	nekorodirani	2,38	2,42	2,63
	NaCl 4%	2,48	2,51	2,56
	HCl 1mol	2,32	2,33	2,36
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	2,48	2,42	2,48
Cink	nekorodirani	4,28	4,38	4,48
Zn	NaCl 4%	4,09	4,1	4,9
	HCl 1mol	3,03	2,99	2,59
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,61	4,54	4,53
Kositar 60	nekorodirani	8,22	8,33	8,33
Sn 60	NaCl 4%	2,97	2,98	2,97
	HCl 1mol	2,87	2,75	2,87
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,22	3,3	3,21
Kositar 75	nekorodirani	3,39	3,42	3,46
Sn 75	NaCl 4%	2,42	2,67	2,66
	HCl 1mol	3,41	3,41	3,42
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,87	4,01	3,9
Olovo	nekorodirani	10,73	10,84	10,88
Pb	NaCl 4%	12,51	12,55	12,55
	HCl 1mol	9,83	9,86	9,86
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	9,47	9,61	9,52

Tablica 7. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja orahovom ljuskom

Abraziv: SODA BIKARBONA				
materijal	uzorak korodiran u otopini	masa / g prije pjeskarenja	masa / g pjeskareno 1 bar	masa / g pjeskareno 5 bar
Aluminij	nekorodirani	1,43	1,42	1,4
Al	NaCl 4%	1,5	1,57	1,53
	HCl 1mol	0,82	0,83	0,9
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	1,33	1,33	1,32
Bakar	nekorodirani	4,15	4,2	4,18
Cu	NaCl 4%	4,55	4,64	4,6
	HCl 1mol	4,21	4,18	4,32
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,64	4,66	4,67
Bronca	nekorodirani	15,74	15,82	15,79
	NaCl 4%	15,93	16	15,97
	HCl 1mol	17,96	18,02	18,08
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	17,35	17,46	17,47
Mjed	nekorodirani	2,61	2,71	2,68
	NaCl 4%	2,46	2,54	2,5
	HCl 1mol	2,35	2,36	2,44
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	2,58	2,55	2,57
Cink	nekorodirani	4,23	4,4	4,38
Zn	NaCl 4%	4,21	4,42	4,41
	HCl 1mol	3,01	2,95	3,01
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,33	4,22	4,25
Kositar 60	nekorodirani	8,44	8,62	8,58
Sn 60	NaCl 4%	2,8	2,86	2,82
	HCl 1mol	3,04	3,05	3,1
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,03	3,04	3,04
Kositar 75	nekorodirani	3,31	3,3	2,94
Sn 75	NaCl 4%	2,78	2,87	2,82
	HCl 1mol	3,1	3,1	3,18
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,3	3,33	3,33
Olovo	nekorodirani	10,57	10,66	10,64
Pb	NaCl 4%	9,96	10,06	10,04
	HCl 1mol	10,12	10,11	10,18
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	10,33	10,38	10,36

Tablica 8. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja sodom bikarbomom

Abraziv: STAKLENE KUGLICE				
materijal	uzorak korodiran u vodenoj otopini	masa / g prije pjeskarenja	masa / g pjeskareno 1 bar	masa / g pjeskareno 5 bar
Aluminij	nekorodirani	1,45	1,46	1,46
Al	NaCl 4%	1,4	1,5	1,46
	HCl 1mol	0,82	0,85	0,91
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	1,46	1,58	1,45
Bakar	nekorodirani	4,21	4,17	4,17
Cu	NaCl 4%	4,14	4,22	4,17
	HCl 1mol	4,56	4,6	4,67
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,43	4,6	4,51
Bronca	nekorodirani	17,94	18,05	18,03
	NaCl 4%	17,1	17,15	17,09
	HCl 1mol	16,59	16,64	16,72
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	16,61	16,74	16,67
Mjed	nekorodirani	2,41	2,47	2,45
	NaCl 4%	2,58	2,64	2,58
	HCl 1mol	2,29	2,26	2,39
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	2,2	2,3	2,23
Cink	nekorodirani	4,24	4,38	4,35
Zn	NaCl 4%	3,74	3,94	3,89
	HCl 1mol	3,85	3,78	3,9
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,47	4,52	4,39
Kositar 60	nekorodirani	8,06	8,29	8,26
Sn 60	NaCl 4%	3,12	3,17	3,13
	HCl 1mol	2,75	2,76	2,83
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,16	3,18	3,17
Kositar 75	nekorodirani	3,13	3,47	3,43
Sn 75	NaCl 4%	3,79	3,84	3,8
	HCl 1mol	3,25	3,05	3,34
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,17	3,22	3,19
Olovo	nekorodirani	12,27	12,21	12,16
Pb	NaCl 4%	13,69	13,75	13,71
	HCl 1mol	9,49	9,5	9,55
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	10,11	10,19	10,17

Tablica 9. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja staklenim kuglicama

Abraziv: KERAMIČKE KUGLICE				
materijal	uzorak korodiran u vodenoj otopini	masa / g prije pjeskarenja	masa / g pjeskareno 1 bar	masa / g pjeskareno 5 bar
Aluminij	nekorodirani	1,44	1,39	1,38
Al	NaCl 4%	1,44	1,48	1,48
	HCl 1mol	0,83	0,86	0,92
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	1,59	1,6	1,61
Bakar	nekorodirani	4,57	4,74	4,73
Cu	NaCl 4%	4,58	4,62	4,62
	HCl 1mol	4,47	4,52	4,59
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,35	4,36	4,38
Bronca	nekorodirani	16,93	16,95	16,93
	NaCl 4%	17,72	17,71	17,7
	HCl 1mol	16,16	16,21	16,27
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	18,45	18,41	18,44
Mjed	nekorodirani	2,19	2,24	2,24
	NaCl 4%	2,22	2,22	2,22
	HCl 1mol	2,53	2,57	2,63
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	2,62	2,59	2,6
Cink	nekorodirani	4,35	4,29	4,29
Zn	NaCl 4%	4,13	4,3	4,3
	HCl 1mol	1,45	1,38	1,41
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,22	4,23	4,2
Kositar 60	nekorodirani	8,34	8,26	8,01
Sn 60	NaCl 4%	2,91	2,91	2,92
	HCl 1mol	3,25	3,26	3,3
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	2,45	2,48	2,48
Kositar 75	nekorodirani	3,97	3,68	3,67
Sn 75	NaCl 4%	3,28	3,28	3,28
	HCl 1mol	3,09	3,16	3,23
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,58	3,63	3,63
Olovo	nekorodirani	11,02	11,04	11,02
Pb	NaCl 4%	12,28	12,29	12,3
	HCl 1mol	11,93	11,91	11,97
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	10,65	10,85	10,85

Tablica 10. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja keramičkim kuglicama

Abraziv: KVARCNI PIJESAK				
materijal	uzorak korodiran u vodenj otopini	masa / g prije pjeskarenja	masa / g pjeskareno 1 bar	masa / g pjeskareno 5 bar
Aluminij	nekorodirani	1,63	1,37	1,43
Al	NaCl 4%	1,3	1,4	1,44
	HCl 1mol	0,9	0,95	0,89
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	1,49	1,6	1,53
Bakar	nekorodirani	4,98	4,83	4,92
Cu	NaCl 4%	4,75	4,8	4,84
	HCl 1mol	4,09	4,16	4,14
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,06	4,05	4,07
Bronca	nekorodirani	18,42	18,31	18,39
	NaCl 4%	16,1	16,11	16,14
	HCl 1mol	17,7	17,77	17,77
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	16,76	16,7	16,75
Mjed	nekorodirani	2,52	2,44	2,53
	NaCl 4%	2,42	2,42	2,47
	HCl 1mol	2,36	2,42	2,41
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	2,46	2,42	2,44
Cink	nekorodirani	4,31	4,26	4,35
Zn	NaCl 4%	4,16	4,29	4,31
	HCl 1mol	2,18	2,11	2,08
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,07	3,92	3,89
Kositar 60	nekorodirani	8,38	8,3	8,38
Sn 60	NaCl 4%	2,94	2,96	2,98
	HCl 1mol	2,36	2,37	2,34
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,14	3,2	3,18
Kositar 75	nekorodirani	3,72	3,63	3,71
Sn 75	NaCl 4%	2,51	2,55	2,57
	HCl 1mol	2,4	2,4	2,39
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,37	3,54	3,41
Olovo	nekorodirani	9,8	9,72	9,81
Pb	NaCl 4%	12	12,03	12,06
	HCl 1mol	12,71	12,7	12,69
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	12,23	12,43	12,35

Tablica 11. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja kvarcnim pijeskom

Abraziv: KORUND				
materijal	uzorak korodiran u vodenj otopini	masa / g prije pjeskarenja	masa / g pjeskareno 1 bar	masa / g pjeskareno 5 bar
Aluminij	nekorodirani	1,43	1,4	1,39
Al	NaCl 4%	1,31	1,36	1,34
	HCl 1mol	0,85	0,86	0,88
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	1,36	1,35	1,35
Bakar	nekorodirani	4,54	4,44	4,51
Cu	NaCl 4%	4,71	4,8	4,8
	HCl 1mol	4,1	4,17	4,18
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,49	4,61	4,57
Bronca	nekorodirani	18,06	18,05	18,02
	NaCl 4%	16,45	16,48	16,47
	HCl 1mol	16,37	16,42	16,42
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	19,31	19,28	19,28
Mjed	nekorodirani	2,33	2,32	2,3
	NaCl 4%	2,56	2,59	2,59
	HCl 1mol	2,29	2,3	2,32
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	2,32	2,28	2,28
Cink	nekorodirani	4,8	4,82	4,79
Zn	NaCl 4%	4,26	4,27	4,26
	HCl 1mol	3,29	3,23	3,23
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,39	4,29	4,21
Kositar 60	nekorodirani	8,37	8,34	8,28
Sn 60	NaCl 4%	3,22	3,27	3,25
	HCl 1mol	2,75	2,76	2,71
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	2,72	2,75	2,68
Kositar 75	nekorodirani	3,68	3,62	3,57
Sn 75	NaCl 4%	3,65	3,72	3,69
	HCl 1mol	3,26	3,27	3,23
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,64	3,66	3,58
Olovo	nekorodirani	10,67	10,65	10,6
Pb	NaCl 4%	9,71	9,74	9,71
	HCl 1mol	9,63	9,82	9,79
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	8,42	9,62	9,58

Tablica 12. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja korundom

Abraziv: SAČMA				
materijal	uzorak korodiran u vodenoj otopini	masa / g prije pjeskarenja	masa / g pjeskareno 1 bar	masa / g pjeskareno 5 bar
Aluminij	nekorodirani	1,46	1,4	1,42
Al	NaCl 4%	1,32	1,37	1,38
	HCl 1mol	0,96	0,98	0,99
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	1,46	1,47	1,47
Bakar	nekorodirani	4,11	4,09	4,09
Cu	NaCl 4%	4,24	4,32	4,33
	HCl 1mol	4,26	4,32	4,34
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	4,84	4,88	4,87
Bronca	nekorodirani	16,29	16,29	16,29
	NaCl 4%	17,52	17,53	17,54
	HCl 1mol	17,22	17,25	17,27
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	15,88	15,87	15,86
Mjed	nekorodirani	2,38	2,37	2,38
	NaCl 4%	2,36	2,38	2,4
	HCl 1mol	2,47	2,51	2,52
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	2,39	2,37	2,37
Cink	nekorodirani	4,15	4,15	4,16
Zn	NaCl 4%	4,10	4,12	4,12
	HCl 1mol	3,52	3,5	3,46
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,80	3,78	3,72
Kositar 60	nekorodirani	2,76	2,72	2,72
Sn 60	NaCl 4%	3,11	3,16	3,17
	HCl 1mol	2,81	2,74	2,85
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	2,09	2,54	2,58
Kositar 75	nekorodirani	3,31	3,3	3,33
Sn 75	NaCl 4%	2,93	2,98	2,98
	HCl 1mol	2,94	3	2,99
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	3,31	3,35	3,29
Olovo	nekorodirani	10,87	10,83	10,83
Pb	NaCl 4%	10,01	10,05	10,06
	HCl 1mol	12,36	12,34	12,32
	Na ₂ S ₂ O ₅ 3%	9,99	10,07	10,07

Tablica 13. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja sačmom

6. ANALIZA PJESKARENE POVRŠINE

Površine pjeskarenih uzoraka analizirane su vizualnim pregledom i pod digitalnim mikroskopom *Dino-Lite* pod povećanjem od 210x.

6.1. Orahova ljuska

6.1.1. Aluminiј

Nekorodirani aluminiј na površini tvori sloj aluminiјevog oksida. Pjeskarenjem orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar na površini su nastala blaga, nejednolika oštećenja. Središnji dio pjeskarene površine više je zahvaćen abrazivima pa su oštećenja veća, što rezultira jačim matiranjem površine. Širenjem pjeskarene površine prema rubnim dijelovima oštećenja su manja, a razmak između mjesta udara čestica abraziva je veći. Sami rubovi pločice gotovo nisu ni zahvaćeni abrazivom. Pod mikroskopom su vidljivi razmaci između tragova čestica: u srednjem dijelu, zbog veće koncentracije abraziva, razmaci su rjeđi i jedva primjetni, dok se na rubnim dijelovima razmak povećava pa su pojedinačna mjesta udara jasno vidljiva. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg matiranja površine, tj. površina je oštećenija. U jednakom vremenskom periodu veća količina čestica udara o površinu. U središtu pjeskarene površine došlo je do potpunog uklanjanja oksidnog sloja te nema neoštećene površine između dvaju mjesta udara. Pjeskareni dio uzorka je od glatkog postao hrapav. U rubnom dijelu pjeskarene površine veća je koncentracija oštećenja nego pri pjeskarenju pod tlakom 1 bar. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je oštiri nakon obrade pod većim nego pod manjim tlakom.

Na uzorku aluminiја korodiranog u otopini natrijevog klorida trag pjeskarenja orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar jedva je vidljiv. Površina je hrapavija nego na nepjeskarenom dijelu, što se očituje u blagoj promjeni u sjaju površine. Ne primjećuje se znatan utjecaj na površinski sloj klorida. Rezultat pjeskarenja pod tlakom 5 bara sličan je onome pjeskarenja nekorodirane aluminiјske pločice pod istim tlakom: gusto raspoređena oštećenja s ostrim prijelazom na nepjeskarenu površinu. Razlika između tih dvaju uzoraka jest u opsegu ispjeskarene površine; oštećena površina veća je na nekorodiranom uzorku nego na onom korodiranom u otopini natrijevog klorida. Pjeskarenjem pod većim tlakom uklonjen je površinski sloj klorida. Pod mikroskopom su vidljiva oštećenja nastala pod manjim i većim tlakom. Udarci čestica nastali pod tlakom 5 bara napravili su veća udubljenja i time više oštetili površinu, odnosno učinili je hrapavijom.

Pjeskarenje orahovom ljuskom uzorka aluminijskog korodiranog u otopini klorovodične kiseline daje slične rezultate kao kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida. Pod tlakom 1 bar nema uočljivih tragova na površini. Površinski sloj soli (aluminijev triklorid, AlCl_3) nije uklonjen, a jedina razlika između pjeskarenog i nepjeskarenog dijela je u ujednačenosti površine; prijelaz između površine prekrivene kristaliziranom soli i čistog metala je manje uočljiv na pjeskarenom dijelu nego na nepjeskarenom. Pod mikroskopom nema uočljive razlike između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod većim tlakom uklonjen je površinski sloj klorida i dopire se do čistog metala. Udarci čestica abraziva ostavljaju udubljenja vidljiva pod mikroskopom. Pjeskarena površina je ujednačena i matirana te blago hrapavija od nepjeskarene površine, a prijelaz između njih je oštar.

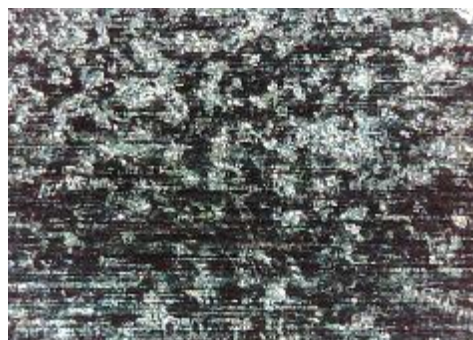
S obzirom na slab utjecaj otopine natrijevog metabisulfita na površinu aluminijskog pjeskarenje uzorka ostavlja sličan efekt kao pjeskarenje uzorka nekorodiranog aluminijskog. Pjeskarenje pod tlakom 1 bar oštećuje, tj. matira površinu. Sredina pjeskarene površine je ujednačenija od iste površine na nekorodiranom uzorku, ali je prijelazni dio između pjeskarene i nepjeskarene površine u oba slučaja širok i puno blaži nego što je slučaj s uzorcima korodiranim u otopinama klorida. Mjesta udara čestica su široko razmaknuta, a razmak među njima se povećava s radijusom površine. Kod pjeskarenja pod većim tlakom pjeskarena površina je hrapavija i ujednačenija, s pod mikroskopom jasno vidljivim tragovima udara čestica, a prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je oštriji.

Mjerenje mase aluminijskih uzoraka pjeskarenih orahovom ljuskom ukazuje da utjecaj ovog abraziva na uklanjanje površinskih slojeva nije velik. Promjene u masi se kreću od 0,02 do 0,04 g što je neznatan raspon pa bi se prema tim podacima moglo reći da je orahova ljuska kao abrazivno sredstvo za aluminijske predmete neinvazivna.

Slika 15. Aluminij pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*

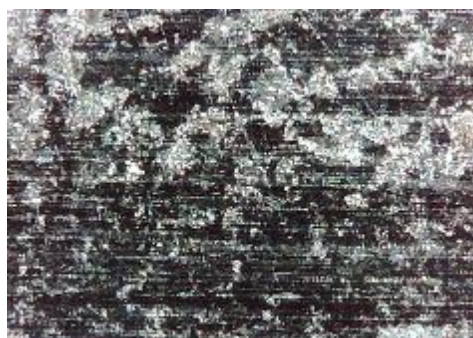


*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 16. Aluminij pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.1.2. Bakar

Na pločici nekorodiranog bakra nakon pjeskarenja orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar nema nikakvih tragova pjeskarenja vidljivih golim okom. Mikroskopskim pregledom uočeni su točkasti tragovi čija se gustoća smanjuje s rastom radijusa pjeskarene površine. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je prilično oštar, tj. gustoća mjesta udara čestica nije puno manja na rubovima nego na sredini pjeskarene površine. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bar, površina je ujednačena, lagano matirana. Opseg pjeskarene površine je veći nego na aluminijskim uzorcima te dolazi do rubova nepokrivenog dijela uzorka. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine vidljiv je golim okom. Na mikroskopskim snimkama uočavaju se tragovi udaraca čestica o površinu koji su gušće raspoređeni nego pri pjeskarenju pod manjim tlakom, a prema rubovima gustoća se smanjuje.

Površina bakra korodiranog u otopini natrijevog klorida prekrivena je tamnim slojem bakrovih klorida. Pjeskarenjem pod manjim tlakom površina poprima za nijansu svjetliji ton i manje je sjajna od nepjeskarene površine. Pod mikroskopom središnji dio pjeskarene površine je ujednačen, a tragovi udaraca abraziva se očituju u vidu posvjetljenja površine, dok su na rubnom dijelu tragovi pojedinačno vidljivi. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je oštar i ujednačen. Pod većim tlakom površina, iako i dalje prekrivena tamnim kloridnim slojem, postaje u sredini pjeskarenog dijela sjajna, a prema rubovima svjetlija, slična efektu pjeskarenja pod manjim tlakom. Tragovi abraziva su manje uočljivi, kao razmaknute svijetle mrlje koje se prema rubovima zgušnjavaju te na samim rubovima ponovno prorjeđuju.

Na uzorku bakra korodiranog u klorovodičnoj kiselini nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar nema tragova pjeskarenja vidljivih golim okom. Pod mikroskopom su vidljivi sjajni točkasti tragovi abraziva koji su međusobno jako udaljeni pa se mogu smatrati zanemarivima. Utjecaj orahove ljuske kao abraziva na bakreni uzorak veći je pod tlakom 5 bara. Sredina pjeskarene površine unatoč sloju klorida postaje sjajnija, a rub ostaje matiran s blagim svjetlijim tonom koji ujednačuje različite tonove površinskog sloja. Promatrano mikroskopom vidi se crvena nejednolika površina na kojoj nije moguće razaznati pojedinačne tragove čestica. Prijelaz između pjeskarenog i nepjeskarenog dijela nije jasan, pod mikroskopom ga nije moguće uočiti, dok se golim okom može razaznati po razlici u sjaju pjeskarene površine i svjetlijem tonu rubnog dijela.

Bakar korodiran u otopini natrijevog metabisulfita pri pjeskarenju pod tlakom 1 bar gubi sjaj, a dio kristalizirane soli je uklonjen. Unatoč tome, produkti korozije nisu uklonjeni i struktura

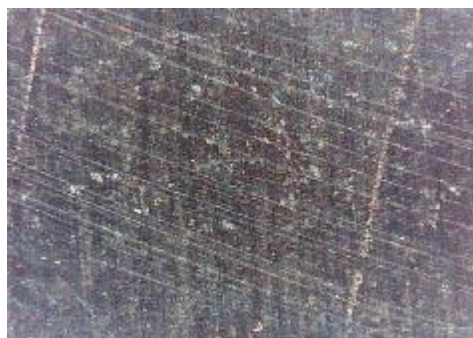
površine ostaje vidljiva i nakon pjeskarenja. Pjeskarena površina je jednoliko matirana. Pod mikroskopom se uočavaju oštećenja nastala u sulfatnom sloju. Na površini se između tamnog sloja sulfata udarcima abraziva probija nekorodirani bakar. Prijelaz između pjeskarenog i nepjeskarenog dijela je blag, a najviše se očituje u razlici u sjaju površine. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara uklanja se površinski sloj sulfata i dolazi se do čistog metala. Površina je matirana, neravnomjerne crvene boje. Na rubovima su se zadržali kristali soli. Slika pod mikroskopom odgovara vizualnom pregledu uzorka: pretežno je vidljiva površina čistog bakra uz tamne mrlje i kristale koje su vjerojatno ostaci bakrovih sulfida i sulfata. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je gotovo isti kao i kod pjeskarenja manjim tlakom.

Mase uzoraka potvrđuju analize površina: razlike između mase nepjeskarenih uzoraka i mase uzoraka nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar gotovo i nema ili je u razini statističke pogreške (do 0,03 g). Pjeskarenjem pod većim tlakom dolazi do vrlo male promjene mase; kod nekorodiranog uzorka te onih korodiranih u kloridnim otopinama došlo je do blagog povećanja mase (od 0,03 do 0,07 g), vjerojatno uslijed zadržavanja manje količine abraziva na površini, dok se uzorku korodiranom u sulfatnoj otopini smanjila masa za 0,05 g što se može objasniti uklanjanjem sloja sulfata pjeskarenjem.

Slika 17. Bakar pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



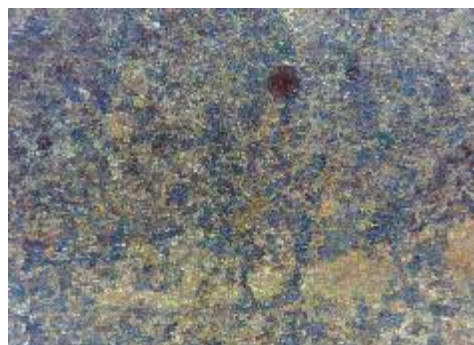
*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



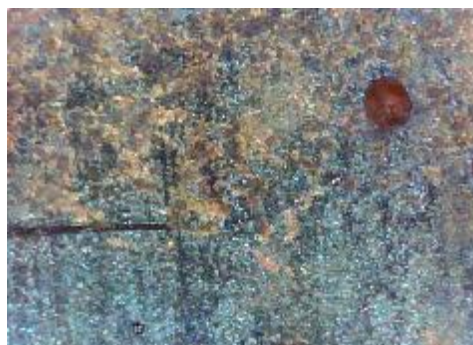
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 18. Bakar pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:



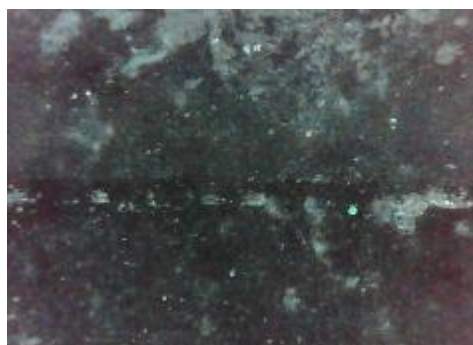
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



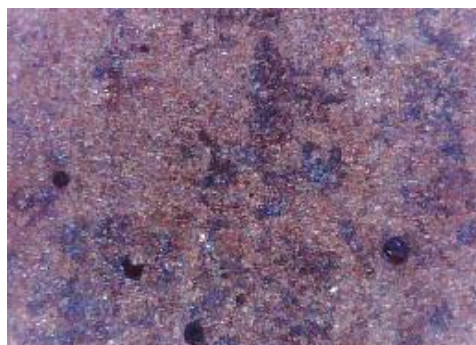
*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.1.3. Bronca

Bronca je tvrda legura pa orahova ljuska, kao mekani abraziv, pod niskim tlakom ne postiže vidljive rezultate na površini. Mikroskopom se na površini nekorodiranog metala mogu uočiti tragovi abraziva, ali na dovoljnoj međusobnoj udaljenosti da je njihov utjecaj zanemariv. Pod većim tlakom (5 bar) uočava se mala razlika u sjaju površine, tj. postiglo se veoma slabo matiranje površine na sredini pjeskarenog dijela, bez mogućnosti jasnog utvrđivanja ruba tog područja. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi abraziva kao svijetlih mrlja i točkica koje se jasno vide i na prijelazu između pjeskarenog i nepjeskarenog dijela površine.

Na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida došlo je do tamnjenja pjeskarene površine koja je nepravilnog oblika. Pjeskareni dio uzorka blago je matiran, dok se pod mikroskopom najveća razlika uočava upravo na sredini pjeskarenog dijela; izmjenjuju se zelenkaste i smeđe mrlje, a sami prijelaz između pjeskarenog i nepjeskarenog dijela je vrlo jasan, s prijelazima od zelenkasto-smeđe pjeskarene do crvenkaste nepjeskarene površine. Hrapavost površine nije bitno povećana. Pjeskarenje pod većim tlakom promatrano golim okom nije dovelo do veće promjene. Nije zapaženo tamnjenje pjeskarene površine, već samo malo intenzivnija promjena sjaja. Pod mikroskopom su uočljiviji tragovi abraziva. Površina je prekrivena svijetlim mrljama i točkicama, ali i zarezima koji su bili prisutni na metalu još prije procesa korodiranja. Prijelaz je uočljiv, ali nije ravnomjeran nego ovisi o intenzitetu utjecaja pjeskarenja.

Uzorak bronce korodiran u otopini klorovodične kiseline ima slične rezultate pjeskarenja kao i prethodni uzorak. Površina pjeskarena pod nižim tlakom je malo potamnila, no za razliku od prethodnog primjera pjeskarenjem se povećao sjaj. Pod mikroskopom se vide zelenkaste i smeđe mrlje na pjeskarenoj površini. Prijelaz je slabije uočljiv, golim okom se može prepoznati po promjeni boje i sjaja, dok je pod mikroskopom taj prijelaz manje uočljiv. Kod pjeskarenja pod tlakom od 5 bar došlo je do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja i prodiranja do čistog materijala. Pjeskareni dio je postao sjajniji, a pod mikroskopom se uočavaju iste zelenkasto-smeđe mrlje. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine ovisi lokalnom stanju površine pa je golim okom teže uočljiv, a pod mikroskopom se mogu uočiti tragovi abraziva.

Na uzorku korodiranom u otopini sulfata gotovo nema tragova pjeskarenja pod tlakom 1 bar. Promjena sjaja je neznatna, a na površini su se zadržali produkti korozije. Pod mikroskopom su vidljive mrlje nastale prilikom pjeskarenja. Prijelaz nije vidljiv golim okom, a pod mikroskopom se očituje kao razlika u boji i teksturi površine. Pod većim tlakom došlo je do

blagog matiranja površine, uklonjen je dio produkata korozije što je vidljivo i pod mikroskopom. Prijelaz nije oštar, ali je raspoznatljiv i golim okom i pod mikroskopom zbog teksture i boje površinskog sloja.

Masa brončanih uzoraka raste nakon svakog pjeskarenja, nakon prvog u rasponu od 0,04 do 0,07 g, a nakon drugog od 0,02 do 0,06 g.

Slika 19. Bronca pjeskarena orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 20. Bronca pjeskarena orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.1.4. Mjed

Nekorodirana pločica mjedi pjeskarena pod tlakom 1 bar nema vidljivih tragova pjeskarenja. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi čestica abraziva u obliku svijetlih točkica i mrlja. Zarezi na pločici su nastali prije pjeskarenja. Prijelaz pjeskarenog i nepjeskarenog dijela se razaznaje pod mikroskopom. Nakon pjeskarenja pod tlakom 5 bara uočava se promjena sjaja na pjeskarenoj površini, odnosno blago matiranje površine, koje je posljedica slabo uočljivih oštećenja nastalih pjeskarenjem. Ti tragovi nisu prekrili prethodna oštećenja. Pod mikroskopom su u srednjem dijelu pjeskarene površine i na prijelazu vidljivi isti tragovi kao i kod pjeskarenja pod nižim tlakom, samo većeg intenziteta, odnosno veće gustoće.

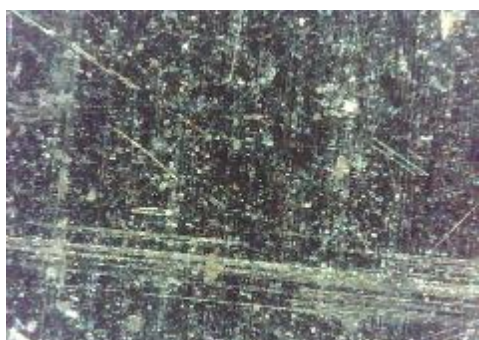
Na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida, pjeskarenom pod tlakom 1 bar također nema vidljivih tragova abraziva. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi čestica abraziva u obliku svijetlih točkica i mrlja, međusobno udaljenih. Prijelaz nije moguće razaznati golim okom, a pod mikroskopom se tek naslućuje. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do blagog oštećenja površine koje je, dijelom zbog korozije, a dijelom zbog slabog utjecaja na sami metal, moguće preciznije raspoznati tek pod mikroskopom gdje su tragovi gotovo isti kao i oni kod nekorodiranog uzorka.

Na pločici korodiranoj u otopini klorovodične kiseline prilikom pjeskarenja pod tlakom 1 bar nastala su manja oštećenja koja su pod mikroskopom vidljiva kao svijetle točkice i razmaknuta udubljenja, dok golim okom nisu uočljiva. Povećanjem tlaka na 5 bara površina se matira i uklanja se površinski sloj klorida. Pjeskareno područje se prepoznaje pod mikroskopom prema točkastim tragovima abraziva, ali i prema boji koja se razlikuje od zelenkaste boje klorida te prema sjaju. Prijelaz je blag, a najuočljiviji je po boji površine.

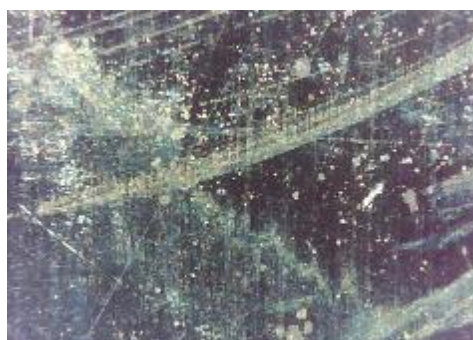
Pjeskarenje pločice korodirane u otopini natrijevog metabisulfitu orahovom ljuskom pod manjim tlakom nije ostavilo nikakvog vidljivog traga. Pod mikroskopom se vidi da su pjeskarenjem uklonjeni zarezi na pjeskarenoj površini. Pod većim tlakom dolazi do neravnomjernog oštećivanja metalne površine koja se pod mikroskopom očituje u obliku međusobno udaljenih tragova udaraca čestica s blagim prijelazom između pjeskarenog i nepjeskarenog dijela. Golim okom zapaža se razlika u sjaju površine.

Na mjedenim pločicama uočava se kontinuirani rast mase, osim na posljednjem uzorku kod kojeg prvo dolazi do smanjenja, a zatim do povećanja mase. Varijacije se kreću u rasponu od 0,01 do 0,21 g, što su prihvatljive vrijednosti promjene mase.

Slika 21. Mjed pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

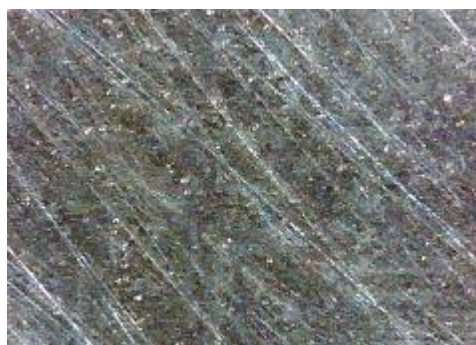
Slika 22. Mjed pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



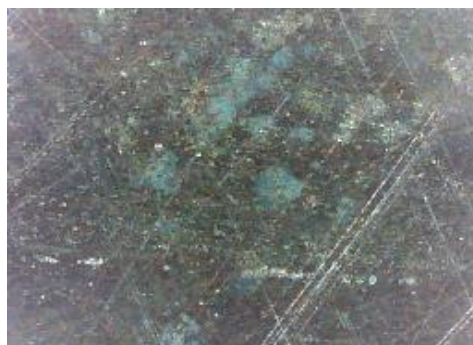
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.1.5. Cink

Pjeskarenjem nekorodiranog cinka pod tlakom 1 bar nisu na površini vidljivi nikakvi tragovi. Pod mikroskopom su vidljive svijetle mrlje nastale udarima abraziva koje ne prekrivaju strukturu površine. Prijelaz između dviju površina je pod mikroskopom slabo vidljiv. Pod tlakom 5 bara postiže se blago matiranje i tamnjenje površine s blagim prijelazom. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi abraziva kao svijetle mrlje, a prijelaz je slabo vidljiv.

Na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod nižim tlakom nije uklonjen sloj korozije, ali je metalnoj površini bez korozijskih produkata vraćen sjaj. Pod mikroskopom nisu vidljivi tragovi abraziva, niti je vidljiv prijelaz između površina. Pjeskarenjem pod višim tlakom daje iste rezultate kao i pjeskarenje nižim: metalnoj površini se vraća sjaj, a pod mikroskopom nisu vidljivi tragovi abraziva.

Uzorak cinka korodiran u otopini klorovodične kiseline presvučen je crnim slojem klorida koje orahova ljuska pjeskarenjem pod tlakom 1 bar ne uklanja. Površina pjeskarena pod nižim tlakom je poprimila svjetliji ton koji tamni prema rubovima pjeskarenog područja. Pod mikroskopom se vide svijetle mrlje. Prijelaz je blag, slabije uočljiv pod mikroskopom, a golim okom se može prepoznati po promjeni boje. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja klorida, ali i oštećivanja uzorka kao posljedice brzog prodiranja korozije u metal. Pod mikroskopom se na dijelovima površine uočavaju svijetle mrlje nastale pri udaru abraziva. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je golim okom teže uočljiv, a pod mikroskopom se ne može razaznati, uglavnom kao posljedica neravnomjerne korozije.

Na površini uzorka korodiranog u natrijevom metabisulfitu kristalizirale su soli koje su pjeskarenjem pod tlakom od 1 bar uklonjene. Pjeskarenje nije znatno utjecalo na slojeve površinske korozije niti je ostavilo dodatne tragove koji su vidljivi golim okom. Pod mikroskopom nisu vidljivi nikakvi tragovi abraziva. Pjeskarenjem pod tlakom od 5 bar uklonjene su kristalizirane soli, a pjeskarena površina je postala hrapavija i blago svjetlija od ostatka površine po čemu se i može razaznati. Prijelaz je oštar, vidljiv i pod mikroskopom. Čestice abraziva su ostavile trag na površini u obliku svijetlih mrlja.

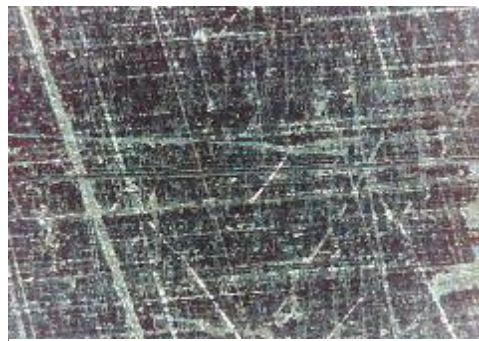
Kod prva dva uzorka došlo je do povećanja mase pri svakom pjeskarenju, na nekorodiranom uzorku po 0,1 g po pjeskarenju, a na onom korodiranom u otopini natrijevog klorida u prvom pjeskarenju povećanje je za 0,01 g (što se može smatrati i statističkom pogreškom), a u drugom za 0,8 g. Kod preostala dva uzorka dolazi do smanjenja mase prilikom svakog

pjeskarenja: za 0,04 g, odnosno 0,17 g u prvom, te 0,4 g, odnosno 0,07 g u drugom pjeskarenju.

Slika 23. Cink pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 24. Cink pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



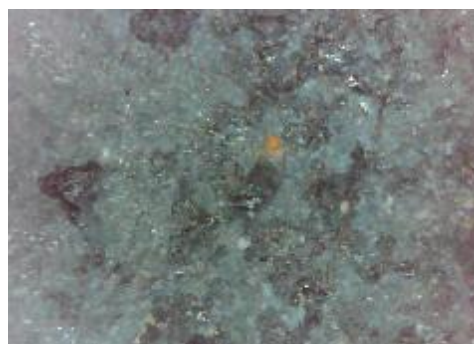
b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.1.6. Kositar

S obzirom na neznatne razlike između rezultata pjeskarenja 60%-tnog i 75%-tnog kositra, analize u nastavku teksta se odnose na uzorke obaju legura.

Na nekorodiranom kositrenom uzorku pjeskarenjem pod nižim tlakom dolazi do oštećenja površine. Središnji dio pjeskarene površine jače je matiran. Oštećenja nisu gusto raspoređena, a struktura metalne površine je još vidljiva. Širenjem pjeskarene površine prema rubnim dijelovima oštećenja su manja, a razmak između tragova čestica je veći. Rubovi uzorka nisu zahvaćeni abrazivom. Pod mikroskopom su vidljiva oštećenja nastala pjeskarenjem, a na prijelazu se jasno razlikuju tragovi abraziva i nepjeskarena površina, čime se postiže blagi prijelaz. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg hrapavljenja, tj. matiranja površine. Na sredini pjeskarene površine nema neoštećenog područja između dvaju mjesta udara čestica. Rubni dio je proširen i oštećeniji nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom te je prijelaz oštiji što se jasno vidi i pod mikroskopom.

Površina uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod nižim tlakom je oštećena. Djelomično se uklanja površinski sloj klorida, ali je dio strukture površine još vidljiv između tragova pjeskarenja. Sredina pjeskarenog dijela jače je matirana (promjena je izraženija na 60%-tnom uzorku), uočava se čisti metal, a prema rubovima se oštećenja prorjeđuju i tvore blagi prijelaz prema nepjeskarenoj površini (na 75%-tnom uzorku oštećenja su slabija pa se prema rubovima golim okom jedva zapažaju). Pod mikroskopom su vidljiva oštećenja nastala pjeskarenjem, a prijelaz je jasno vidljiv. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg hrapavljenja, tj. matiranja površine te je došlo do deformacije pločice: pjeskarena površina se ispupčila tijekom pjeskarenja. Na sredini pjeskarene površine uklonjen je površinski sloj te je izložen nekorodirani metal. Tragovi udara čestica se preklapaju pa nema nepogođene površine. Rubni dio je proširen, a mjesta udara su međusobno udaljena. Prijelaz je jasno vidljiv i pod mikroskopom.

Na površini uzoraka korodiranih u klorovodičnoj kiselini kristaliziraju soli. Pjeskarenjem pod tlakom 1 bar soli su uklonjene, a na samoj sredini pjeskarene površine mjestimično je uklonjen površinski sloj korozije pa se primjećuje nekorodirani materijal. Površina je ujednačenija, a prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi pjeskarenja slični onima kod pjeskarenja uzorka korodiranih u otopini natrijevog klorida, s jasno uočljivim prijelazom. Pod većim tlakom je također došlo do deformiranja pločica na isti način kao i na prethodnim uzorcima. Rezultati pjeskarenja pod

višim tlakom jednaki su onima kod pjeskarenja uzoraka korodiranih u otopini natrijevog klorida.

Na uzorcima korodiranim u otopini natrijevog metabisulfita dolazi do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja već pod nižim tlakom. To rezultira promjenom boje i sjaja pjeskarenog područja; ono postaje tamnije i hrapavije. Na 60%-tnom uzorku pojavljuju se tragovi nekorodiranog materijala, a kod 75%-tnog uzorka dolazi do ujednačavanja boje površine. Pod mikroskopom su vidljive razlike između uzoraka: na 60%-tnom uzorku vidljive su sjajni tragovi čistog materijala okruženi udubinama nastalim prilikom pjeskarenja, a prijelaz između pjeskarenog i nepjeskarenog područja je vidljiv prema točkastim tragovima abraziva; kod 75%-tnog uzorka tragovi abraziva su vidljivi kao svijetle mrlje u sredini pjeskarenog dijela i na njegovim rubovima. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara došlo je do deformiranja uzorka 75%-tnog kositra. Površine obiju pločica su oštećene, kod 60%-tnog uzorka je potpuno uklonjen površinski sloj korozijske na pjeskarenom dijelu, dok je kod 75%-tnog uzorka takav efekt manji. Na mjestima udara čestica došlo je do stvaranja udubljenja koja su udaljenija na površini 75%-tnog uzorka.

Mase nekorodiranih uzoraka se povećavaju pjeskarenjem, dok mase korodiranih uzoraka variraju – nakon prvog pjeskarenja mase se povećavaju, a zatim smanjuju ili obrnuto. Promjene mase su u rasponu od 0,01 do 0,11 g.

Slika 25. Kositar (60%) pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 26. Kositar (75%) pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*

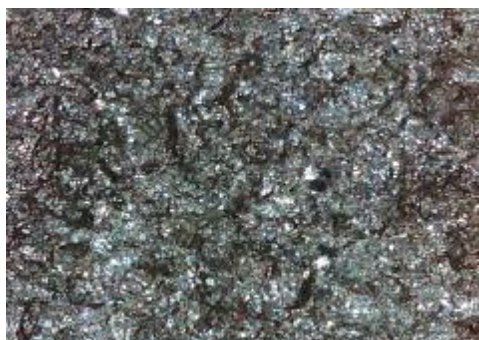


*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 27. Kositar (60%) pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 28. Kositar (75%) pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



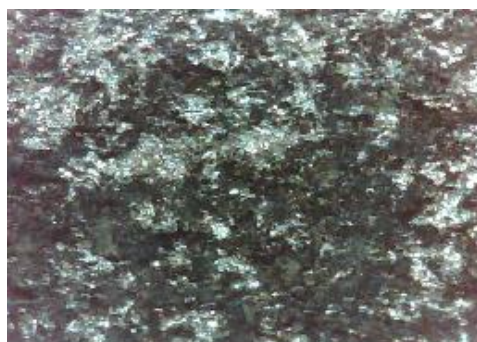
*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.1.7. Olovo

Olovo je metal male tvrdoće tako da čak i pjeskarenje pod tlakom 1 bar na njemu ostavlja trag.

Na nekorodiranom olovu dolazi do uklanjanja zaštitnog površinskog sloja već pod nižim tlakom, vidi se svijetli sloj čistog metala, a pjeskarena površina postaje hrapava. Pod mikroskopom tragovi abraziva na površini olova izgledaju kao nepravilna udubljenja i brazde koje se povećavaju povećanjem tlaka. Pod većim tlakom dolazi do deformiranja, odnosno ispupčenja pločice, opseg pjeskarene površine je veći, a prijelaz oštiji nego kod pjeskarenja pod manjim tlakom. Mikroskopom je čak moguće uočiti zrnca abraziva koja su se pod većim tlakom zarinula u strukturu metala.

Kod uzorka korodiranog u otopini natrijeva klorida uočava se vrlo sličan rezultat kao kod pjeskarenja nekorodiranog uzorka i pod manjim i pod većim tlakom. Razlika je u opsegu pjeskarene površine koja je manja nakon oba pjeskarenja nego na prethodnom uzorku. Također, boja rubnih dijelova pjeskarene površine je tamnija nego kod nekorodiranog metala zbog uklanjanja površinskih slojeva.

Na uzorku korodiranom u klorovodičnoj kiselini površina promatrana pod mikroskopom izgleda gotovo jednako kao kod prethodna dva uzorka. Razlika se javlja na prijelazima između pjeskarene i nepjeskarene površine gdje se tragovi abraziva uočavaju u obliku svijetlih mrlja. Vizualnim pregledom uočava se razlika u boji pjeskarene površine u odnosu na prethodna dva uzorka; pjeskarena površina je tamnija i manje sjajna na uzorku korodiranom u klorovodičnoj kiselini. Pjeskarenjem pod višim tlakom na sredini pjeskarenog dijela uklonjen je površinski sloj te se doprlo do nekorodiranog olova, a oko sredine je slabije ispjeskareni pojas koji je po boji i sjaju između pjeskarene sredine i nepjeskarenog dijela pločice.

Pločica korodirana u otopini natrijevog metabisulfita pjeskarena pod tlakom 1 bar je na pjeskarenom dijelu potamnila. Površina je hrapavija, opseg pjeskarene površine je širok, veći nego kod pjeskarenja ostalih olovni uzoraka pod istim tlakom, a prijelaz se razaznaje po razlici u boji. Rezultat pjeskarenja pod višim tlakom jednak je rezultatu pjeskarenja nekorodiranog uzorka pod istim tlakom. Pod mikroskopom nema značajnijih razlika između olovni uzoraka.

Kod olovnih uzoraka dolazi do povećanja mase nakon prvog pjeskarenja, dok nakon drugog masa uglavnom stagnira, uz izuzetak uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita kod kojeg dolazi do blagog smanjenja mase. Raspon promjene mase je od 0,03 do 0,14 g.

Slika 29. Olovo pjeskareno orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*

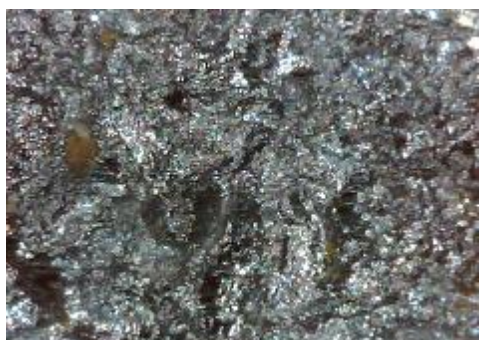


*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 30. Olovo pjeskareno orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



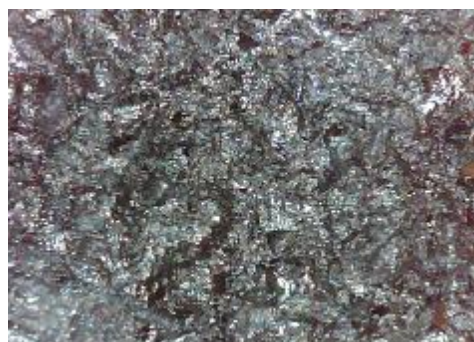
*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.2. Soda bikarbona

6.2.1. Aluminiј

Na površini nekorodiranog aluminiја pjeskarenjem sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar dolazi do jednolikog matiranja površine. Čestice abraziva uklanjaju tragove koji su prisutni na površini prije pjeskarenja pa se pod mikroskopom uočavaju blage izbočine i udubljenja nastala prilikom udara, ali se isto tako stvara dojam ujednačene površine. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag, ali pod mikroskopom jasno uočljiv. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do nešto intenzivnijeg matiranja površine koja pri tom postaje još malo hrapavija. Pod mikroskopom se ne uočava razlika između površina pjeskarenih pod različitim tlakovima.

Pjeskarenje sodom bikarbonom pod manjim tlakom ima mali utjecaj na uzorak aluminiја korodiranog u otopini natrijevog klorida. Površina je hrapavija nego na nepjeskarenom dijelu, a površinski sloj klorida je uklonjen. Opseg pjeskarene površine je manji nego na prethodnom uzorku. Pod mikroskopom se primjećuje trag abraziva, pogotovo na prijelazu površina i to u vidu svijetlih mrlja. Sredina pjeskarene površine pod mikroskopom je slična površini nekorodiranog uzorka pjeskarenog pod istim tlakom. Rezultat pjeskarenja pod tlakom 5 bara vizualnim pregledom je sličan onome pjeskarenja pod tlakom 1 bar, no pod mikroskopom se uočavaju tragovi jačih udara čestica o površinu. Prijelaz je kod oba pjeskarenja blag i uočljiv pod mikroskopom.

Na uzorku aluminiја korodiranog u otopini klorovodične kiseline pjeskarenjem pod tlakom 1 bara nastaje trag sličan tragu kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida – pjeskarena površina je opsegom manja od nekorodiranog uzorka, jednolika je, s blagim prijelazom na nepjeskarenu površinu. Središnji dio je pod mikroskopom vrlo sličan prethodnim uzorcima, dok se na prijelazu uočava veća koncentracija oštećenja nastalih korozijom. Pod većim tlakom na uzorku nisu ostali nikakvi tragovi vidljivi niti golim okom, niti pod mikroskopom.

Kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita rezultati pjeskarenja su slični pjeskarenju nekorodiranog aluminiја. Pjeskarenje pod tlakom 1 bar matira površinu. Sredina pjeskarene površine je ujednačena, s blagim prijelazom, a pod mikroskopom nema izraženijih tragova abraziva. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag i pod mikroskopom jasno uočljiv. Kod pjeskarenja pod većim tlakom pjeskarena površina je

hrapavija, a pod mikroskopom su vidljivi intenzivniji tragovi pjeskarenja uslijed veće jačine udara. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je jasno vidljiv.

Masa nekorodiranog aluminijskog uzorka pjeskarenog sodom bikarbonom smanjuje se u rasponu od 0,03 g. Masa uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida varira: nakon prvog pjeskarenja raste za 0,07 g, a zatim pada za 0,04 g. Kod uzorka korodiranog u otopini klorovodične kiseline masa prvo pokazuje zanemarivi rast od 0,01 g, a zatim dodatni rast od 0,7 g. Uzorak korodiran u otopini natrijevog metabisulfita zadržava istu masu uz odstupanje od 0,01 g.

Slika 31. Aluminij pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



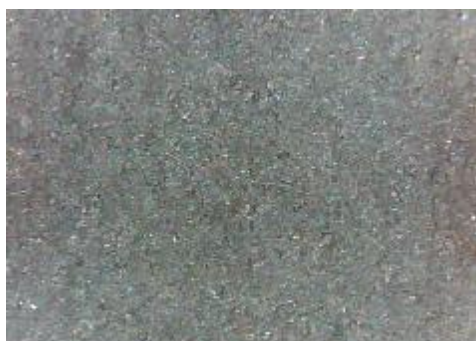
b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*

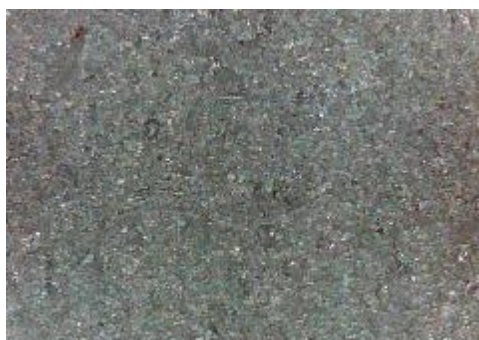


*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 32. Aluminij pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.2.2. Bakar

Pjeskarenjem pločice nekorodiranog bakra sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar površina matira. U sredini pjeskarene površine dolazi do većeg oštećenja površine, a prema rubnom dijelu blago matirana površina djelomično prekriva postojeće tragove i završava blagim prijelazom prema nekorodiranoj površini. Središnji dio pod mikroskopom izgleda prilično ujednačen, bez izraženih tragova udaraca čestica, dok su na prijelazu tragovi udaraca jasno vidljivi i na taj način definiraju to područje. Pjeskarenje pod tlakom 5 bara rezultira matiranom površinom u kojoj se širi opseg oštećenog, a smanjuje opseg rubnog dijela. Mikroskopom se uočavaju tragovi udara čestica o površinu. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine vidljiv je golim okom, a pod mikroskopom dodatno ističe tragove udara abraziva.

Na uzorku bakra korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod manjim tlakom dolazi do djelomičnog uklanjanja produkata korozije s površine. U sredini pjeskarene površine dolazi se do čistog bakra, a prema rubovima površina poprima za nijansu svjetliji ton i manje je sjajna od nepjeskarene površine. Pod mikroskopom vidljivi su na središnjem dijelu tragovi udara abraziva u obliku svjetlijih mrlja i točkica koje se teško primjećuju zbog oštećenja od korozije, dok su na rubnom dijelu ti tragovi vidljivi pojedinačno. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je, analiziran vizualnim pregledom, blag, dok se pod mikroskopskim povećanjem primjećuje jasno razgraničenje pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod većim tlakom postiže se sličan rezultat. Dolazi do djelomičnog uklanjanja korozije, a pjeskarena površina je svjetlija s blagim prijelazom. Tragovi abraziva su gušći nego kod pjeskarenja pod manjim tlakom, a na rubnom dijelu se razrjeđuju toliko da se mogu promatrati i pojedinačno.

Na uzorku bakra korodiranog u klorovodičnoj kiselini nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar uočava se slabi trag pjeskarenja u vidu promjene boje i teksture površine. Također se ispod novonastalog površinskog uzorka vide oštećenja nastala korozijom. Pod mikroskopom su vidljivi sjajni točkasti tragovi abraziva. Prijelaz je blag i nejasan i pod mikroskopom i golim okom. Pod tlakom 5 bara dolazi do razlike u boji i sjaju površine, tj. do hrapavljenja površine. Sredina pjeskarenog dijela tamnija je, pod mikroskopom prekrivena gustim tragovima abraziva. Na prijelazu između pjeskarenog i nepjeskarenog dijela pod mikroskopom su vidljivi međusobno udaljeni tragovi udara čestica, dok vizualnim pregledom nije moguće toliko jasno utvrditi granicu tih površina.

Pri pjeskarenju pod tlakom 1 bar bakra korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita na površini dolazi do uklanjanja veće količine produkata korozije što se očituje u promjeni boje, sjaja i teksture površine. Središte pjeskarenog dijela je tamnije i hrapavije od vanjskog. Unatoč uklanjanju korozijskih produkata, kristalizirane soli ostaju na površini uzorka. Pod mikroskopom se uočava površina u različitim crvenim nijansama, ali nisu jasno vidljivi tragovi pjeskarenja. Prijelaz između pjeskarenog i nepjeskarenog dijela je jasno definiran razlikom u boji, sjaju i teksturi površine, dok se pod mikroskopom mogu odrediti mjesta udara čestica. Nakon pjeskarenja pod većim tlakom središnji dio pjeskarene površine je tamniji od rubnog, produkti korozije su djelomično uklonjeni što je rezultiralo promjenom boje i teksture površine. Na mikroskopskoj snimci nisu vidljivi tragovi abraziva, a površina je ujednačena. Prijelaz je jasno vidljiv i golim okom i mikroskopom.

Mase uzoraka uglavnom nakon prvog pjeskarenja rastu, a nakon drugog padaju, uz iznimku uzorka iz otopine klorovodične kiseline kod kojeg se masa mijenja upravo suprotno. Odstupanja su u granicama od 0,02 do 0,14 g.

Slika 33. Bakar pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 34. Bakar pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:



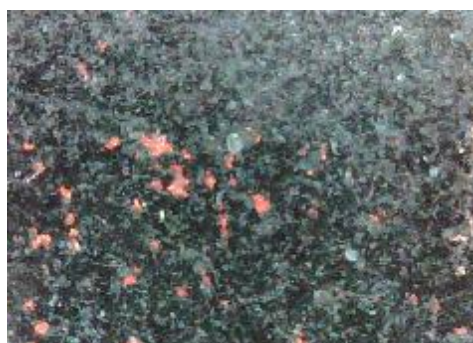
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.2.3. Bronca

Na nekorodiranoj bronci pjeskarenoj pod niskim tlakom ostaje jedva vidljiv trag pjeskarenja koji se primjećuje kao promjena sjaja površine vrlo malog opsega. Pod mikroskopom se naziru rijetki, svijetli tragovi abraziva. Pod većim tlakom također dolazi do veoma slabog matiranja površine, nešto većeg opsega nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi abraziva u obliku svijetlih mrlja i točkica koje se jasnije vide na prijelazu između pjeskarenog i nepjeskarenog dijela površine.

Na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida došlo je do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja klorida, što je rezultiralo promjenom boje i blagim matiranjem površine. Opseg zahvaćene površine je malen i teško je odrediti granice pjeskarenog dijela. Pod mikroskopom se naziru tragovi abraziva, ali prijelaz nije moguće definirati. Promatrano golim okom pjeskarenje pod većim tlakom nije dovelo do veće promjene. Pjeskarena površina je tamnija. Pod mikroskopom su uočljiviji tragovi abraziva, ali prijelaz i dalje nije jasno definiran.

Uzorak bronce korodiran u otopini klorovodične kiseline ostavlja slične rezultate pjeskarenja kao i prethodni uzorak. Pjeskarenje pod nižim tlakom daje jedva vidljive tragove, a njihovo raspoznavanje otežava neravnomjeran sloj produkata korozije. Pod mikroskopom se vide svijetli točkasti tragovi na pjeskarenoj površini, a prijelaz nije uopće raspoznatljiv. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja korozije i promjene boje pjeskarenog dijela. Pod mikroskopom se pjeskarena površina raspoznaje prema crvenkastoj površini sa zelenkastim tragovima korozije. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine ovisi lokalnom stanju površine pa je golim okom teže uočljiv, a pod mikroskopom se raspoznaje prema različitim bojama površinskih slojeva.

Na uzorku korodiranom u otopini sulfata došlo je do promjena sjaja i boje te djelomičnog uklanjanja površinskog sloja korozije. Cijeli neprekriveni dio površine je zahvaćen abrazivima tako da je matiranje ravnomjerno po cijeloj pjeskarenoj površini. Ipak, na produktima korozije koji su se zadržali na površini uočava se razlika u središtu i na rubovima pjeskarenog dijela: na središtu su površine produkata sjajnije i svjetlije od onih na rubovima. Pod mikroskopom je vidljiv prijelaz i na tom se dijelu raspoznaje utjecaj pjeskarenja. Pod većim tlakom je zahvaćeno manje područje, ali je utjecaj pjeskarenja intenzivniji. Djelomično su uklonjeni produkti korozije te je vidljiva nekorodirana površina bronce. Pod mikroskopom se ispjeskarena površina vidi kao svijetla površina čistog metala s tamnim tragovima korozije. Na prijelazu je taj kontrast još uočljiviji.

Pjeskarenje sodom bikarbonom nema veliki utjecaj na masu brončanih uzoraka. Masa varira za 0,01-0,11 g. Kod prva dva uzorka masa se nakon prvog pjeskarenja povećava, dok se kod drugog malo smanjuje, a kod posljednja dva uzorka se zapaža kontinuirani rast mase.

Slika 35. Bronca pjeskarena sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 36. Bronca pjeskarena sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.2.4. Mjed

Na nekorodiranoj pločici mjedi pjeskarenoj pod tlakom 1 bar nastaje matirana površina malog opsega koja ne dopire do rubova pločice. Pod mikroskopom površina izgleda ujednačena, ne vidi se tekstura površine prije pjeskarenja, a nisu vidljivi ni tragovi udara čestica. Prijelaz pjeskarenog i nepjeskarenog dijela se razaznaje pod mikroskopom, a mjesta udara čestica su na tom području raspoznatljiva. Nakon pjeskarenja pod tlakom 5 bara uočava se veoma slaba promjena sjaja na pjeskarenoj površini, odnosno blago matiranje površine, koje ne utječe na od prije prisutna oštećenja. Pod mikroskopom su u srednjem dijelu pjeskarene površine i na prijelazu vidljivi isti tragovi kao i kod pjeskarenja pod nižim tlakom, samo su većeg intenziteta, tako da je površina pod mikroskopom manje ujednačena.

Na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida pjeskarenom pod tlakom 1 bar dolazi do blagog matiranja površine malog opsega. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi čestica abraziva u obliku svijetlih točkica. Prijelaz nije moguće razaznati golim okom, a pod mikroskopom se tek naslućuje. Pjeskarenje pod tlakom 5 bara manje utječe na površinu, golim okom oštećenja se jedva naslućuju zbog blagog matiranja, a pod mikroskopom su tragovi gotovo isti kao i oni kod pjeskarenja pod manjim tlakom.

Na mjedi korodiranom u otopini klorovodične kiseline prilikom pjeskarenja pod tlakom 1 bar došlo je do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja klorida, što je rezultiralo promjenom boje i sjaja površine. Mikroskopskim pregledom se vidi tamna površina na središnjem dijelu pjeskarenog područja sa svijetlim mrljama koje mogu biti ili ostaci korozije ili tragovi abraziva, a na prijelazu se izmjenjuju tamne i svijetle površine. Povećanjem tlaka na 5 bara površina se matira i uklanja se površinski sloj klorida. Pjeskarena površina je pod mikroskopom crvene boje sa svijetlim mrljama koje mogu biti tragovi pjeskarenja ili ostaci korozije. Prijelaz je jasno vidljiv zbog razlike u teksturi, boji i sjaju površina.

Pjeskarenje pločice korodirane u otopini natrijevog metabisulfita pod manjim tlakom rezultira slabim matiranjem malog dijela površine, ali ne i uklanjanjem površinskih slojeva. Pod mikroskopom se vide tragovi abraziva u obliku svijetlih mrlja koje se vide i na prijelazu pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod većim tlakom dolazi do intenzivnijeg matiranja površine koja se pod mikroskopom očituje u obliku gustih tragova udaraca čestica te jasnim prijelazom između pjeskarenog i nepjeskarenog dijela. Na sredini pjeskarene površine izmijenjena je tekstura površine, dok su se na prijelazu zadržali zarezi na površini.

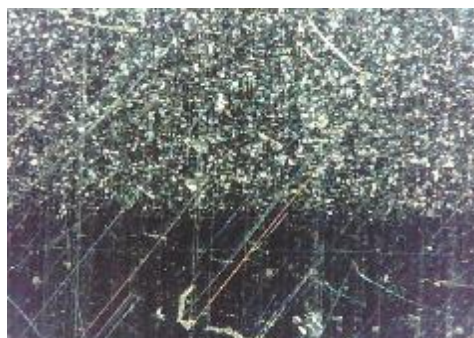
Masa mjedenih pločica kod prva dva uzorka nakon prvog pjeskarenja raste, a nakon dugog pada, dok je na posljednjem promjena upravo suprotna. Kod trećeg uzorka masa u oba pjeskarenja raste. Varijacije se kreću u rasponu od 0,01 do 0,10 g.

S obzirom na zadržavanje abraziva na površini na zraku dolazi do kemijske reakcije između sode bikarbone i mjedi što dovodi do tamnjenja materijala.

Slika 37. Mjed pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:



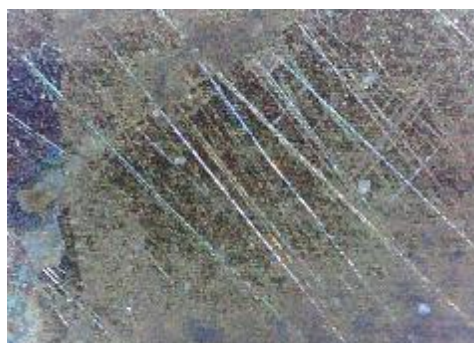
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 38. Mjed pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



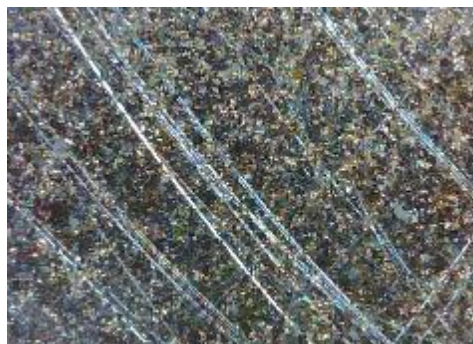
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.2.5. Cink

Pjeskarenjem nekorodiranog uzorka cinka pod tlakom 1 bar na mali dio površine postaje matiran. Pod mikroskopom površina izgleda ujednačena, ne vidi se tekstura površine prije pjeskarenja, a nisu vidljivi ni tragovi udara čestica. Prijelaz između dviju površina je pod mikroskopom slabo vidljiv. Na prijelazu su tragovi udaraca jasno vidljivi. Pod tlakom 5 bar postiže se matiranje slično onom pod manjim tlakom, samo većeg intenziteta. Udari čestica su gušći i preklapaju se tako da površina izgleda još ujednačenije nego nakon pjeskarenja manjim tlakom. Na prijelazu tragovi udara čestica su gušći što je vidljivo pod mikroskopom.

Pjeskarenjem pod nižim tlakom uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida djelomično je uklonjen površinski sloj soli koji onemogućava prodiranje abraziva do površine metala što se vidi i pod mikroskopom. Pjeskarenjem pod višim tlakom djelomično je uklonjen površinski sloj soli, a metalna površina postaje sjajnija. Nije moguće odrediti prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod mikroskopom se uočavaju promjene u boji i teksturi površine te ostaci kristaliziranih soli, ali ne i tragovi abraziva tako da nije moguće odrediti prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine.

Uzorak cinka korodiran u otopini klorovodične kiseline presvučen je crnim slojem klorida koji se pjeskarenjem pod tlakom 1 bar djelomično uklanja, a pjeskarena površina poprima svjetliji ton. Pod mikroskopom se vide svijetle i tamne mrlje koje se izmjenjuju na površini. Prijelaz se ne može definirati bilo da je promatrano golim okom ili pod mikroskopom zbog velikog utjecaja korozije. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja te matiranja metalne površine. Na dijelu na kojem su uklonjeni produkti korozije vide se tragovi udara čestica. Prijelaz je vidljiv i golim okom i pod mikroskopom.

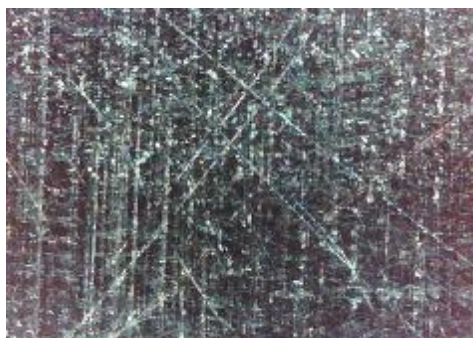
Na površini uzorka korodiranog u natrijevom metabisulfitu kristalizirale su soli. Pjeskarenjem pod tlakom 1 bar dio površinskih soli je uklonjen. Pjeskarenje nije znatno utjecalo na slojeve površinske korozije, samo je pjeskarena površina za nijansu tamnija. Pod mikroskopom nisu vidljivi nikakvi tragovi abraziva. Rezultati pjeskarenja pod tlakom 5 bara jednaki su rezultatima pjeskarenja pod manjim tlakom.

Masa uzoraka cinka kod prva dva uzorka nakon prvog pjeskarenja raste, a nakon dugog pada. Kod druga dva uzorka masa se smanjuje nakon prvog pjeskarenja, a nakon drugog se povećava. Razlike u masi variraju od 0,01 g do 0,21 g.

Slika 39. Cink pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



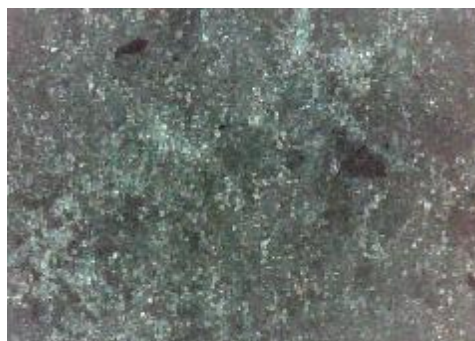
b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



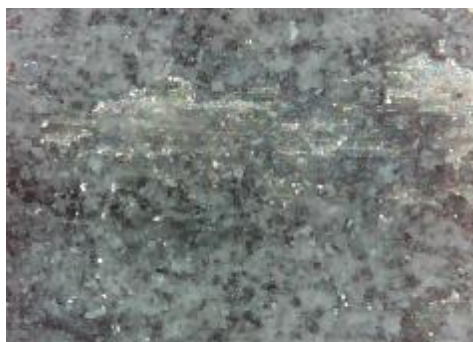
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 40. Cink pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.2.6. Kositar

Na nekorodiranom kositrenom uzorku pjeskarenjem pod nižim tlakom dolazi do oštećenja površine. Središnji dio pjeskarene površine jače je matiran. Oštećenja nisu gusto raspoređena, a struktura metalne površine je još vidljiva. Širenjem pjeskarene površine prema rubnim dijelovima oštećenja su manja, a razmak između tragova čestica je veći. Rubovi uzorka nisu zahvaćeni abrazivom. Pod mikroskopom su vidljiva oštećenja nastala pjeskarenjem, a na prijelazu se jasno razlikuju tragovi abraziva od nepjeskarene površine čime se postiže blagi prijelaz. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg hrapavljenja, tj. matiranja površine. Na sredini pjeskarene površine nema neoštećenog područje između dvaju mjesta udara čestica. Rubni dio je proširen i oštećeniji nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom te je prijelaz oštiji što se jasno vidi i pod mikroskopom.

Površina uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod nižim tlakom postaje hrapava. Djelomično se uklanja površinski sloj klorida. Sredina pjeskarenog dijela jače je matirana, a prema rubovima se oštećenja prorjeđuju i tvore blagi prijelaz prema nepjeskarenoj površini. Pod mikroskopom su vidljiva oštećenja nastala pjeskarenjem u obliku svijetlih točkica, a prijelaz je jasno vidljiv. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg hrapavljenja, tj. matiranja površine. Tragovi udara čestica su izraženiji i međusobno se preklapaju pa nema neoštećene površine. Prijelaz je pod mikroskopom jasno vidljiv.

Pjeskarenjem uzoraka korodiranih u klorovodičnoj kiselini pod tlakom 1 bar djelomično su uklonjene soli koje su kristalizirale na površini. Površina je ujednačenija, tekstura nije u potpunosti izmijenjena, a prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi pjeskarenja slični onima kod pjeskarenja uzorka korodiranih u otopini natrijevog klorida. Pod većim tlakom primjećuju se bitno različiti rezultati pjeskarenja na dvama uzorcima: dok se na 60%-tnom kositru rezultat vrlo malo razlikuje od rezultata pjeskarenja pod nižim tlakom, na 75%-tnom kositru matiranje se intenzivira, a zahvaćena površina se povećava. Mikroskopskim pregledom zapažaju se vrlo slične promjene kao kod pjeskarenja pod manjim tlakom, uz povećan intenzitet udara čestica.

Na uzorcima korodiranim u otopini natrijevog metabisulfita dolazi do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja već pod nižim tlakom. To rezultira tamnjenjem i promjenom sjaja pjeskarenog područja. Pojavljuju se tragovi nekorodiranog materijala. Na 60%-tnom uzorku vidljivi su pod mikroskopom sjajni tragovi čistog materijala, a prijelaz između pjeskarenog i nepjeskarenog područja je jasan. Kod 75%-tnog uzorka tragovi abraziva su manje izraženi, ali je veća razlika u boji i teksturi pjeskarene i nepjeskarene površine. Pjeskarenjem pod tlakom

5 bara djelomično je uklonjen površinski sloj korozije, pjeskareni dio je tamniji te je izmijenjen sjaj površine. Pod mikroskopom površina izgleda gotovo jednako kao ona pjeskarena pod nižim tlakom.

Mase nekorodiranih uzoraka i onih korodiranih u otopini natrijevog klorida povećavaju se nakon prvog, a smanjuju nakon drugog pjeskarenja. Kod uzoraka korodiranih u otopini klorovodične kiseline mase rastu nakon svakog pjeskarenja. Mase uzorka korodiranih u otopini natrijevog metabisulfita imaju zanemarivo mali rast ili stagniraju. Promjene masa kreću se od 0,01 do 0,18 g.

Slika 41. Kositar (60%) pjescaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*

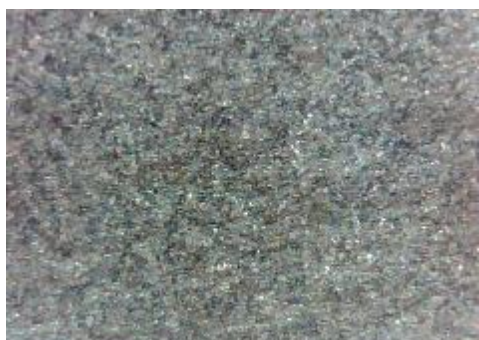


*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 42. Kositar (75%) pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 43. Kositar (60%) pješkaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 44. Kositar (75%) pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.2.7. Olovo

Na nekorodiranom olovu pjeskarenjem pod nižim tlakom dolazi do promjene boje, sjaja i hrapavljenja pjeskarene površine. Mikroskopskim pregledom teško je utvrditi oštećenja nastala prilikom pjeskarenja, a prijelaz je gotovo nemoguće raspoznati. Pod većim tlakom dolazi do većeg oštećenja, ali je abrazivima zahvaćena manja površina. Pod mikroskopom se vide udubljenja nastala na sredini pjeskarene površine koja se prorjeđuju prema rubnom dijelu.

Kod uzorka korodiranog u otopini natrijeva klorida uočava se vrlo sličan rezultat kao kod pjeskarenja nekorodiranog uzorka i pod manjim i pod većim tlakom. Dolazi do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja, a pri većem tlaku na pjeskarenoj površini se naziru i tragovi čistog metala. Pod mikroskopom se rezultati pjeskarenja pod nižim tlakom ne primjećuju, a rezultati pjeskarenja pod višim tlakom vrlo su slični rezultatima pjeskarenja nekorodiranog uzorka pod istim tlakom.

Na uzorku korodiranom u klorovodičnoj kiselini vizualnim se pregledom uočava razlika u boji pjeskarene i nepjeskarene površine. Sredina pjeskarene površine je tamnija, a prema rubovima je malo svjetlija od nepjeskarenog dijela. Pod mikroskopom pjeskarena površina izgleda gotovo isto kao kod prethodna dva uzorka. Pjeskarenjem pod višim tlakom na sredini pjeskarenog dijela uklonjen je površinski sloj, sredina površine tamni, a oko sredine je slabije ispjeskareni pojas koji je po boji i sjaju između pjeskarene sredine i nepjeskarenog dijela pločice. Zahvaćena je manja površina nego kod pjeskarenja pod manjim tlakom, a pod mikroskopom površina izgleda jednaka površini uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida, pjeskarenog pod istim tlakom.

Pločica korodirana u otopini natrijevog metabisulfita pjeskarena pod tlakom 1 bar je na pjeskarenom dijelu potamnila, površina je hrapavija, a opseg pjeskarene površine seže gotovo do rubova pločice. Prijelaz je blag, a razaznaje se po razlici u boji. Pjeskarenjem pod višim tlakom rezultat je jednak onome kod pjeskarenja nekorodiranog uzorka pod istim tlakom. Pod mikroskopom nema značajnijih razlika između olovnih uzoraka korodiranih u različitim otopinama pjeskarenim pod jednakim tlakom.

Mase olovnih uzoraka se povećavaju nakon prvog pjeskarenja, a nakon drugog se smanjuju za neznatnih 0,02 g. Iznimka je uzorak korodiran u otopini klorovodične kiseline kod kojeg nakon prvog pjeskarenja dolazi do smanjenja mase za 0,01 g, a nakon drugog dolazi do povećanja od 0,07 g. Raspon promjene mase je od 0,01 do 0,1 g.

Slika 45. Olovo pjeskareno sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 46. Olovo pjeskareno sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



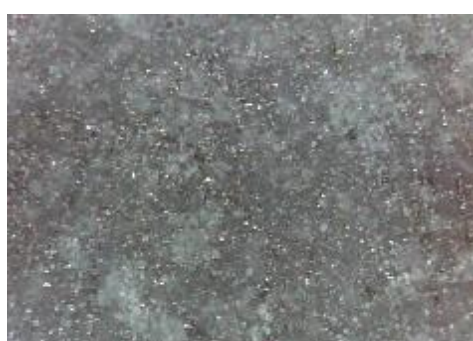
*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.3. Staklene kuglice

6.3.1. Aluminijski

Površina nekorodiranog aluminijskog pjeskarena staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar postaje jednoliko matirana, dok tekstura i boja ostaju uglavnom nepromijenjene. Abrazivom je zahvaćen cijeli nepokriveni dio uzorka. Pod mikroskopom se uočavaju oštećenja nastala prilikom udara koja su jednaka na sredini pjeskarenog dijela i na prijelazu između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do nešto intenzivnijeg matiranja, tj. hrapavljenja, a gube se prijašnji tragovi na površini. Pod mikroskopom se uočavaju dublji tragovi udara, tj. intenzivira se učinak pjeskarenja. Ne primjećuje se znatna razlika u teksturi sredine i ruba pjeskarenog područja.

Na uzorku aluminijskog korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod tlakom 1 bar površina blago mijenja boju i sjaj, a tekstura i hrapavost su gotovo nepromijenjene. Produkti korozije nisu uklonjeni, a pod mikroskopom se opažaju kao žućkasti i svijetli tragovi na sivoj površini. Tragovi udara čestica se ne mogu raspoznati. Prijelaz se golim okom slabo vidi, a pod mikroskopom gotovo nerazpoznatljiv. Rezultat pjeskarenja pod tlakom 5 bara uvelike se razlikuje od rezultata postignutim manjim tlakom. Uklonjen je veći dio površinskog sloja pa je vidljiv nekorodirani metal. To rezultira promjenom boje, površina je jače matirana nego u prethodnom slučaju, a također je izmijenjena tekstura većeg dijela pjeskarene površine. Zapaža se i jači utjecaj abraziva na sredini nego na rubnim dijelovima pjeskarenog područja koje obuhvaća cijelu nepokrivenu površinu uzorka. Pod mikroskopom se uočavaju tragovi jačih udara čestica o površinu. Ne primjećuju se ostaci produkata korozije. Prijelaz je oštar i jasan, a udari čestica na rubu slabiji nego na sredini pjeskarene površine, ali i dalje izraženi.

Utjecaj pjeskarenja pod nižim tlakom na uzorak aluminijskog korodiranog u otopini klorovodične kiseline očituje se u promjeni boje i teksture uslijed djelomičnog uklanjanja površinskog sloja klorida. Površina je hrapavija nego na nepjeskarenom dijelu. Središnji dio pod mikroskopom otkriva tragove čistog metala među oštećenjima nastalima pjeskarenjem i korozijom, dok na prijelazu tragovi metala na nepjeskarenom dijelu nestaju, a povećava se koncentracija oštećenja nastalih korozijom. Pod višim tlakom došlo je do djelomičnog uklanjanja produkata korozije, većeg hrapavljenja površine te promjene boje, teksture i sjaja. Na rubnim dijelovima pjeskarene površine još se nazire tekstura uzorka prije od prije pjeskarenja. Pod mikroskopom se uočavaju gusti tragovi pjeskarenja koji na prijelazu tvore jasnu granicu između dviju površina.

Kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita rezultati pjeskarenja su slični pjeskarenju nekorodiranog aluminijskog uzorka. Pjeskarenje pod tlakom 1 bar matira cijelu površinu izloženu abrazivima, ali ne uklanja u potpunosti teksturu površine prije pjeskarenja. Sredina pjeskarene površine jednako je zahvaćena abrazivima kao i rubno dio. Prijelazi između pjeskarene i nepjeskarene površine je oštar. Kod pjeskarenja pod većim tlakom pjeskarena površina je intenzivnije matirana. Pod mikroskopom se primjećuju intenzivniji tragovi udara. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je jasno vidljiv.

Masa nekorodiranog aluminijskog uzorka nakon prvog pjeskarenja neznatno raste i ne mijenja vrijednost nakon drugog pjeskarenja. Masa uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida povećava se nakon prvog pjeskarenja za 0,01 g, a zatim se smanjuje za 0,04 g. Kod uzorka korodiranog u otopini klorovodične kiseline masa prvo raste za 0,01 g, a zatim se pojavljuje dodatni rast od 0,06 g. Uzorak korodiran u otopini natrijevog metabisulfita pokazuje povećanje mase nakon prvog pjeskarenja za 0,12 g, a zatim smanjenje za 0,13 g.

Slika 47. Aluminij pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 48. Aluminij pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.3.2. Bakar

Pjeskarenjem pločice nekorodiranog bakra pod tlakom 1 bar površina blago matira, ali ne dolazi do uklanjanja otprije prisutnih oštećenja i teksture površine. Abrazivom je jednoliko zahvaćena cijela nepokrivena površina. Pod mikroskopom se vide tragovi udara čestica. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara postiže se veće matiranje površine koje se smanjuje na samim rubovima pločice. Mikroskopom se uočavaju gušći tragovi udara čestica o površinu.

Na uzorku bakra korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem staklenim kuglicama pod manjim tlakom dolazi do djelomičnog uklanjanja produkata korozije te posvjetljenja pjeskarene površine. Također tekstura pjeskarene površine postaje ujednačenija od one nepjeskarene. Pod mikroskopom se vide gusti tragovi udara abraziva. Pod većim tlakom postiže se sličan, ali intenzivniji rezultat: površina je više posvijetlila i matiranje je nešto jače (površina je hrapavija). Tragovi abraziva gotovo su jednaki tragovima nastalima pjeskarenjem pod nižim tlakom.

Na pločici bakra korodiranoj u klorovodičnoj kiselini nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar dolazi do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja što rezultira razlikom u boji i sjaju površine. Promjena je intenzivnija u središtu pjeskarenog dijela, dok se prema rubovima pločice intenzitet smanjuje pa je vidljiva i otprije postojeća tekstura. Pod mikroskopom su vidljivi sjajni, gusto raspoređeni tragovi abraziva koji se neznatno prorjeđuju na prijelazu između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod tlakom 5 bara uočava se promjena boje i sjaja, dok tekstura površine nije izmijenjena pjeskarenjem. Promjena na površini je ravnomjerna i zahvaća cijeli nepokriveni dio uzorka. Pod mikroskopom tragovi abraziva se očituju kao svijetle točkice na crvenoj površini. Prijelaz između dviju površina je oštar i vidljiv kako golim okom, tako i pod mikroskopom.

Pri pjeskarenju pod tlakom 1 bar bakra korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita, dolazi do uklanjanja veće količine produkata korozije, osobito na sredini pjeskarene površine, što se očituje u promjeni boje, sjaja i teksture površine. Unatoč uklanjanju korozijskih produkata, kristalizirani sulfati su se zadržali na površini uzorka. Pod mikroskopom se uočavaju sjajni točkasti tragovi pjeskarenja. Pjeskarenjem pod većim tlakom pjeskarena površina matira te je svjetlija od nepjeskarene površine uslijed djelomičnog uklanjanja produkata korozije. Na mikroskopskoj snimci vidljivi su svijetli točkasti tragovi na crvenoj jednolikoj površini. Prijelaz je jasno vidljiv i golim okom i mikroskopom.

Masa nekorodiranog uzorka nakon prvog pjeskarenja pada, a kod svih ostalih uzoraka raste. Nakon drugog pjeskarenja, masa prvog uzorka stagnira, drugog i četvrtog se smanjuje, a masa trećeg uzorka se povećava. Promjene mase kreću se u granicama od 0,05 do 0,16 g.

Slika 49. Bakar pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

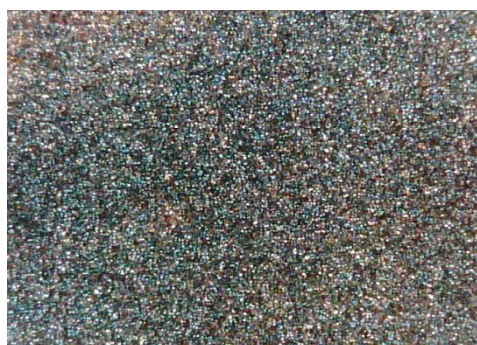
Slika 50. Bakar pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.3.3. Bronca

Na nekorodiranom uzorku bronce pod niskim tlakom ostaje jedva vidljiv trag pjeskarenja koji se primjećuje kao promjena sjaja površine koja zahvaća cijelu nepokrivenu površinu. Pod mikroskopom se naziru rijetki, svijetli tragovi abraziva. Prijelaz je slabo vidljiv golim okom, ali je jasan pod mikroskopom. Pod većim tlakom također dolazi do nešto jačeg matiranja površine, osobito na sredini pjeskarenog dijela. Prema rubovima utjecaj abraziva slabi pa se zadržava tekstura površine od prije pjeskarenja. Pod mikroskopom su vidljivi gusti, svijetli, točkasti tragovi koji tvore vidljivu granicu između pjeskarene i nepjeskarene površine.

Na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida došlo je do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja klorida, što je rezultiralo promjenom boje površine, a zahvaćena je cijela nepokrivena površina. Tekstura uzorka nije promijenjena pjeskarenjem. Pod mikroskopom se vide točkasti tragovi i oštećenja nastala udarima abraziva. Pjeskarenje pod većim tlakom promatrano golim okom dovelo je do većeg uklanjanja površinske korozije što je rezultiralo promjenom boje, sjaja i djelomično teksture, osobito na sredini pjeskarene površine. Pod mikroskopom su uočljiviji gušći tragovi abraziva.

Pjeskarenje uzorka bronce korodiranog u otopini klorovodične kiseline pod nižim tlakom rezultira ravnomjernim tamnjenjem, promjenom sjaja i djelomičnom promjenom teksture površine. Pod mikroskopom se, kao i na prethodnim uzorcima, vide svijetli točkasti tragovi koji su jednoliko raspoređeni po pjeskarenoj površini. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je do jačeg uklanjanja površinskog sloja korozije pa, stoga, i promjene boje, sjaja i teksture pjeskarenog dijela. Promjene su intenzivnije na sredini nego na rubovima pjeskarene površine. Pod mikroskopom pjeskarena površina jednaka je onoj prethodnog uzorka.

Na uzorku korodiranom u otopini sulfata pjeskarenjem staklenim kuglicama došlo je do promjene sjaja i boje te djelomičnog uklanjanja površinskog sloja korozije, a zahvaćen je cijeli neprekriveni dio površine. Na pjeskarenom dijelu su se zadržali produkti korozije na kojima se uočava razlika utjecaja abraziva u središtu, koje je sjajnije i svjetlije od rubova tog područja. Pod mikroskopom se tragovi abraziva očituju kao gusto raspoređene svijetle mrlje između kojih se nazire nepogođena površina. Pod većim tlakom došlo je do intenzivnijeg matiranja, promjene boje i sjaja te djelomičnog do potpunog uklanjanja teksture. Utjecaj je osobito izražen na središnjem dijelu pjeskarene površine. Pod mikroskopom se ispjeskarena površina slična prethodnim uzorcima bronce pjeskarenima pod istim tlakom: svijetli točkasti tragovi nastali udarima abraziva na crvenkastoj površini.

Kod svih uzoraka bronce nakon prvog pjeskarenja dolazi do povećanja mase. Nakon drugog pjeskarenja dolazi do smanjenja mase svih uzoraka osim kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita, kojem se masa ponovno povećá. Varijacije u masi se kreću od 0,02 do 0,11 g.

Slika 51. Bronca pjeskarena staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 52. Bronca pjeskarena staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:



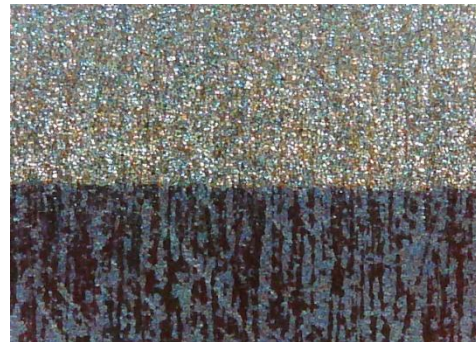
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.3.4. Mjed

Na nekorodiranoj pločici mjedi pjeskarenjem pod tlakom 1 bar nastaje ravnomjerna matirana površina koja zahvaća čitavi nepokriveni dio uzorka. Pod mikroskopom površina izgleda ujednačena, tekstura površine prije pjeskarenja samo se nazire, a tragovi udara čestica su gusto raspoređeni. Prijelaz između pjeskarenog i nepjeskarenog dijela se razaznaje i vizualnim pregledom i pod mikroskopom. Nakon pjeskarenja pod tlakom 5 bara uočava se jače matiranje pjeskarene površine, osobito na sredini pjeskarenog dijela, a prijašnja tekstura površine više nije vidljiva. Pod mikroskopom su u srednjem dijelu pjeskarene površine i na prijelazu vidljivi isti tragovi kao i kod pjeskarenja pod nižim tlakom, samo većeg intenziteta.

Na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida, pjeskarenom pod tlakom 1 bar dolazi do blagog matiranja površine, bez uklanjanja površinskog sloja ili utjecanja na teksturu. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi čestica abraziva u obliku svijetlih točkica. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je golim okom slabo vidljiv, a pod mikroskopom se raspoznaje. Pjeskarenje pod tlakom 5 bara dovodi do većeg matiranja površine, uz djelomično uklanjanje površinskog sloja klorida te izmjene teksture površine (najveći utjecaj pjeskarenja vidljiv je na sredini pjeskarene površine). Uzorak se pod mikroskopom ne razlikuje od prethodnog: gusti tragovi abraziva jednoliko su raspoređeni po sredini pjeskarene površine, a prema rubu se njihova koncentracija smanjuje.

Na mjedi korodiranoj u otopini klorovodične kiseline prilikom pjeskarenja pod tlakom 1 bar došlo je male promjene boje i sjaja, bez utjecanja na teksturu. Produkti korozije pjeskarenjem nisu uklonjeni. Mikroskopskim pregledom vidi se crvenkasta površina sa svijetlim tragovima i udubljenjima nastalima udarom čestica. Povećanjem tlaka na 5 bara površina se jače matira, uklanja se površinski sloj klorida i nekadašnja tekstura metala. Dolazi do razlike u sredini pjeskarene površine koja je svijetla, prema tamnijem rubu. Pjeskarena površina je pod mikroskopom jednaka onoj nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar.

Pjeskarenje pločice korodirane u otopini natrijevog metabisulfita pod manjim tlakom rezultira slabim matiranjem malog dijela površine, ali ne i uklanjanjem površinskih slojeva i kristaliziranih sulfata. Pod mikroskopom se vide tragovi abraziva u obliku svijetlih mrlja koje se vide i na prijelazu pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod većim tlakom dolazi do intenzivnijeg matiranja, uklanjaju se slojevi klorida i dolazi do promjene teksture površine. Sredina pjeskarenog dijela je zahvaćena abrazivom pa je svjetlija, dok su rubni dijelovi tamniji. Mikroskopom se očituju gusti tragovi udaraca čestica u obliku svijetlih točkica; primjećuje se da su udari intenzivniji i manje ravnomjerni nego u prethodnim slučajevima.

Masa mjedenih pločica kod prva dva uzorka i kod posljednjeg nakon prvog pjeskarenja raste, a nakon dugog pada, dok kod trećeg masa prvo pada, a zatim raste. Varijacije se kreću u rasponu od 0,02 do 0,13 g.

Slika 53. Mjed pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



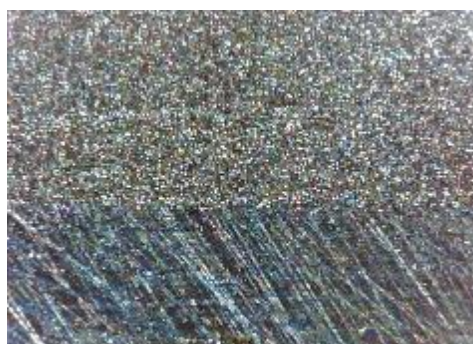
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

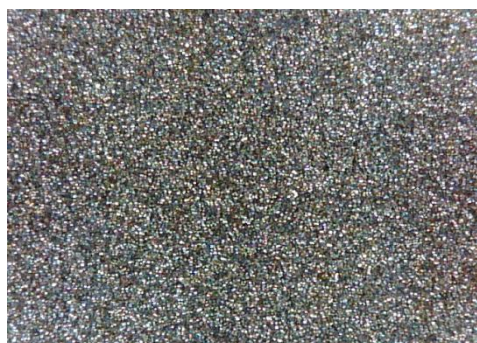
Slika 54. Mjed pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



c) uzorak korodiran u otopini NaCl sredina



d) uzorak korodiran u otopini NaCl, prijelaz



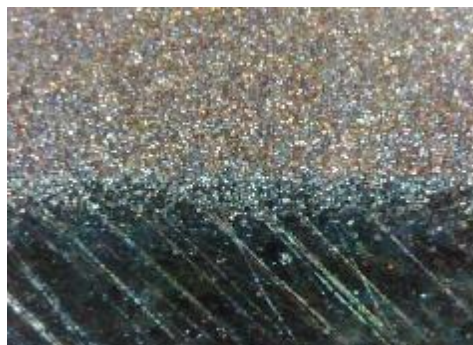
e) uzorak korodiran u otopini HCl, sredina



f) uzorak korodiran u otopini HCl, prijelaz



g) uzorak korodiran u otopini Na₂S₂O₅, sredina



h) uzorak korodiran u otopini Na₂S₂O₅, prijelaz

6.3.5. Cink

Pjeskarenjem nekorodiranog uzorka cinka pod tlakom 1 bar obrađena površina postaje jednoliko matirana. Pod mikroskopom površina izgleda ujednačena, a tragovi udara čestica su vidljivi kao svijetle točkice, dok se između njih vidi površina i tekstura kakva je bila prije pjeskarenja. Na prijelazu su tragovi udaraca jasno vidljivi. Pod tlakom 5 bara postiže se veća hrapavost, odnosno matiranje. Pjeskarenjem se ujednačuje površina i uklanjaju tragovi nekadašnje teksture uzorka. Udari čestica su gušći i međusobno se preklapaju.

Pjeskarenjem pod nižim tlakom uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida djelomično je uklonjen površinski sloj kloridnih soli. Zahvaljujući sloju klorida smanjen je utjecaj abraziva na samu površinu metala. Na mikroskopskoj snimci su vidljive svijetle mrlje i točkasti tragovi, prisutni kao ili tragovi abraziva ili zaostaci produkata korozije. Pjeskarenjem pod višim tlakom djelomično je uklonjen površinski sloj soli, a metalna površina postaje sjajnija. Pod mikroskopom se uočavaju tragovi udara abraziva koji su prisutni, slično kao kod nekorodiranog uzorka, u vidu svijetlih, točkastih oštećenja gusto raspoređenih po pjeskarenoj površini.

S pločice cinka korodirane u otopini klorovodične kiseline pjeskarenjem pod tlakom 1 bar djelomično se uklanjaju slojevi klorida, a pjeskarena površina poprima drukčiju boju. Pod mikroskopom je teško odrediti utjecaj abraziva na površinu zbog velike količine produkata korozije koji razaraju samu površinu. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je do djelomičnog, ali ipak značajnijeg uklanjanja površinskog sloja te matiranja metalne površine. Na pjeskarenom dijelu pod mikroskopom vide se tragovi udara čestica kao svijetla točkasta oštećenja gusto raspoređena po pjeskarenom dijelu.

Na površini uzorka korodiranog u natrijevom metabisulfitu kristalizirane su soli pjeskarenjem pod tlakom 1 bar samo djelomično uklonjene. Pjeskarena površina je za nijansu svjetlija, uz malu promjenu sjaja površine te bez značajnog utjecaja na slojeve površinske korozije. Pod mikroskopom nije moguće raspoznati tragove abraziva zbog velike prisutnosti produkata korozije. Pod većim tlakom dolazi do većeg uklanjanja produkata korozije, promjene teksture, boje i površinskog sjaja. Na sredini pjeskarenog dijela površina je tamnija i sjajnija nego na rubnom području. Pod mikroskopom se uočava gotovo ista površina kao na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida, pjeskarenog pod istim tlakom.

Masa uzoraka cinka kod prva dva i kod četvrtog uzorka nakon prvog pjeskarenja raste, a nakon drugog pada. Kod trećeg uzorka masa se smanjuje nakon prvog pjeskarenja, a nakon drugog se povećava. Promjene u masi se kreću od 0,03 g do 0,14 g.

Slika 55. Cink pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



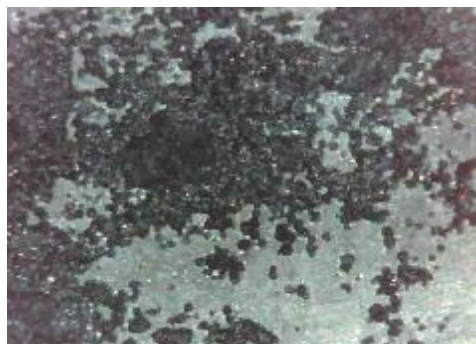
b) nekorodirani uzorak, prijelaz



c) uzorak korodiran u otopini NaCl sredina



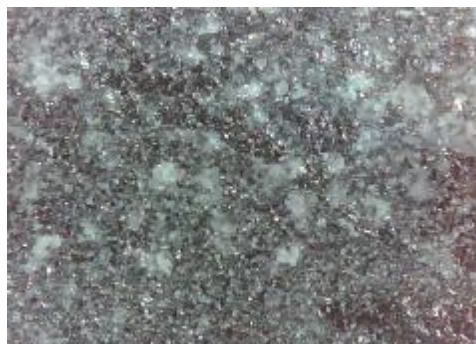
d) uzorak korodiran u otopini NaCl, prijelaz



e) uzorak korodiran u otopini HCl, sredina



f) uzorak korodiran u otopini HCl, prijelaz



g) uzorak korodiran u otopini Na₂S₂O₅, sredina

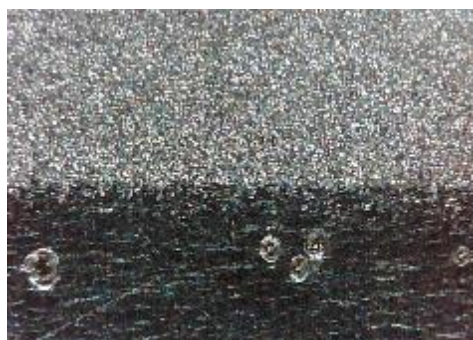


h) uzorak korodiran u otopini Na₂S₂O₅, prijelaz

Slika 56. Cink pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



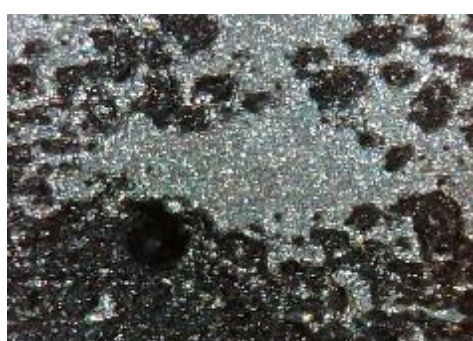
*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.3.6. Kositar

Na nekorodiranim kositrenim uzorcima pjeskarenjem pod nižim tlakom dolazi do ravnomjernog matiranja površina. Pregled mikroskopom pokazuje da su površine jako slične površinama nekorodiranog uzorka cinka: ravnomjerno raspoređeni gusti tragovi udara abraziva, koji se malo prorjeđuju na rubovima pjeskarenog područja. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg hrapavljenja površine. Tragovi udara su gusto raspoređeni te nema neoštećenog područja između dvaju mjesta udara čestica. Rubni dio se ne razlikuje od središnjeg, a gustoća tragova abraziva je tek neznatno manja.

Pjeskarenjem pod nižim tlakom površine uzoraka korodiranih u otopini natrijevog klorida postaje hrapava, mijenja se boja i sjaj površina, dok je tekstura donekle izmijenjena. Pod mikroskopom su vidljiva oštećenja nastala pjeskarenjem u obliku svijetlih točkica kakve su nastale i na nekorodiranom uzorku. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg matiranja površina uzoraka. Udari čestica su jači i gušći, međusobno se preklapaju pa nema neoštećene površine.

Pjeskarenjem pod tlakom 1 bar uzoraka korodiranih u klorovodičnoj kiselini djelomično su uklonjene soli koje su kristalizirale na površini. Površine su ujednačenije, tekstura nije u potpunosti izmijenjena, a prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi pjeskarenja slični onima kod pjeskarenja uzorka korodiranih u otopini natrijevog klorida. Pod tlakom 5 bara primjećuju se intenzivniji rezultati pjeskarenja; dolazi do promjene boje, sjaja i teksture pjeskarenih površina koje na oba uzorka zahvaćaju čitavo nepokriveno područje. Pod mikroskopom se na oba uzorka uočava isti efekt pjeskarenja: gusti točkasti tragovi udara, ravnomjerno rašireni po cijelom nepokrivenom dijelu.

Na uzorcima korodiranim u otopini natrijevog metabisulfita dolazi do uklanjanja većeg dijela površinskog sloja kositrovih soli, površine postaju jednolike i tamne. Na oba uzorka vidljivi su pod mikroskopom sjajni tragovi nastali udarima abraziva. Kod 75%-tnog uzorka pjeskarenjem pod tlakom 5 bara također dolazi do uklanjanja površinskog sloja u tolikoj mjeri da na površinu izbija nekorodirani metal, pjeskareni dio je tamniji te je izmijenjen sjaj površine. Pod mikroskopom površina izgleda gotovo jednako kao ona pjeskarena pod nižim tlakom, samo s intenzivnijim tragovima udara.

Mase uzoraka povećavaju se nakon prvog, a smanjuju nakon drugog pjeskarenja. Iznimke su uzorci korodirani u otopini klorovodične kiseline: 60%-tnom uzorku masa raste i pri drugom

pjeskarenju, a masa 75%-tnog kositra pri prvom pjeskarenju pada, a zatim raste. Promjene masa kreću se od 0,01 do 0,34 g.

Slika 57. Kositar (60%) pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 58. Kositar (75%) pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 59. Kositar (60%) pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

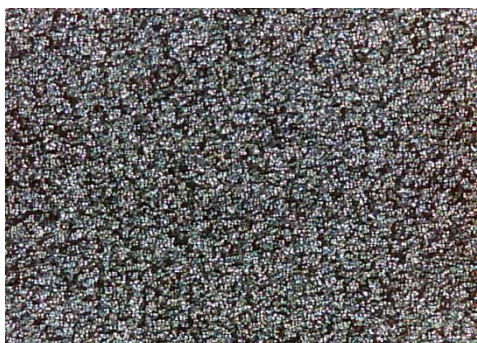
Slika 60. Kositar (75%) pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.3.7. Olovo

Pjeskarenje nekorodiranog olova pod nižim tlakom stvara tek neznatne promjene na površini, tj. dolazi samo do blage promjene sjaja površine. Mikroskopskim pregledom vide se sjajni, međusobno udaljeni tragovi pjeskarenja, a prijelaz nije moguće raspoznati. Pod većim tlakom dolazi do većeg oštećenja, uklanja se površinski sloj i dolazi se do nekorodiranog metala. Učinak pjeskarenja vidljiviji je na srednjem dijelu pjeskarene površine, a prema rubovima slabi i tvori blagi prijelaz prema nepjeskarenoj površini. Pod mikroskopom se vide udubljenja nastala na sredini pjeskarene površine, a prema rubovima, kako slabi intenzitet udara, tako su udubljenja plića.

Kod uzorka korodiranog u otopini natrijeva klorida pjeskarenjem pod manjim tlakom dolazi do tamnjenja površine, promjene sjaja, a na središnjem dijelu se uklanja površinski sloj te se nazire nekorodirani metal. Pod mikroskopom se vidi blago hrapavljenje površine u vidu gustih svijetlih tragova, s jasnim prijelazom na nepjeskarenu površinu. Pod većim tlakom dolazi do uklanjanja velikog dijela površinskog sloja pa se jasno vidi površina nekorodiranog olova. Pod mikroskopom se vide izraženiji tragovi nastali udarima čestica koji su razlog većeg hrapavljenja površine.

Na uzorku korodiranom u klorovodičnoj kiselini vizualnim pregledom uočava se razlika u boji pjeskarene i nepjeskarene površine. Sredina pjeskarene površine je tamnija, a prema rubovima je malo svjetlija od nepjeskarenog dijela. Pod mikroskopom se ne mogu razaznati tragovi udara čestica, a prijelaz se raspoznaje po razlici boja dviju površina. Pjeskarenjem pod višim tlakom uklanja se veći dio površinskog sloja, otkriva se nekorodirani metal, a prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag. Pod mikroskopom se zapaža jednaka tekstura površine kao i kod prethodnih uzoraka pjeskarenih pod istim tlakom.

Pločica korodirana u otopini natrijevog metabisulfita pjeskarena pod tlakom 1 bar je na pjeskarenom dijelu potamnila, a na sredini pjeskarenog dijela vide se tragovi nekorodiranog olova. Opseg pjeskarene površine seže gotovo do rubova pločice, a prijelaz se prilikom vizualnog pregleda razaznaje po razlici u boji pjeskarene i nepjeskarene površine. Pjeskarenjem pod višim tlakom uklanja se veliki dio produkata korozije pa se dolazi do nekorodiranog materijala. Pod mikroskopom nema značajnijih razlika između uzoraka olova korodiranih u različitim otopinama pjeskarenim pod jednakim tlakom.

Nakon prvog pjeskarenja mjerenjem masa uzoraka utvrđeno je smanjenje mase prvog i povećanje masa svih ostalih uzoraka. Nakon drugog pjeskarenja masa se smanjuje svim

uzorcima, osim uzorku korodiranom u klorovodičnoj kiselini kojem se masa povećava. Promjene masa su u granicama od 0,01 do 0,08 g.

Slika 61. Olovo pjeskareno staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

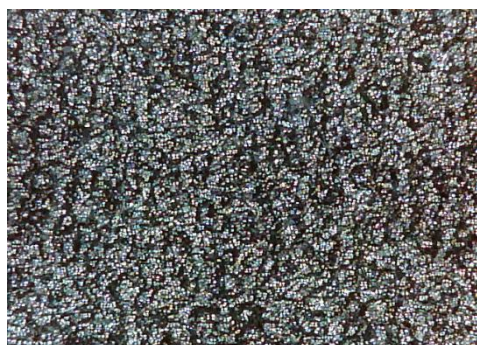
Slika 62. Olovo pjeskareno staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.4. Keramičke kuglice

6.4.1. Aluminiј

Nekorodirani aluminiј pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar postaje jednoliko matiran, dok tekstura i boja ostaju uglavnom nepromijenjene. Abrazivom je zahvaćen cijeli nepokriveni dio pločice. Pod mikroskopom se uočavaju oštećenja nastala prilikom udara koja su približno jednakog intenziteta na sredini pjeskarenog dijela kao i na prijelazu između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pjeskarenjem pod tlakom od 5 bara dolazi do intenzivnijeg hrapavljenja površine, a gubi se prijašnja tekstura. Pod mikroskopom se uočavaju jednaki tragovi kao i kod pjeskarenja pod nižim tlakom. Ne primjećuje se znatna razlika u teksturi sredine i ruba pjeskarenog područja.

Na uzorku aluminiја korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod tlakom 1 bar površina blago mijenja boju, sjaj i teksturu. Produkti korozije nisu uklonjeni. Pod mikroskopom se opažaju žućkasti i svijetli tragovi na sivoj površini, od kojih su prvi produkti korozije, a drugi su nastali pjeskarenjem. Prijelaz se slabo vidi i golim okom i pod mikroskopom. Rezultat pjeskarenja pod tlakom 5 bara intenzivniji je od rezultata postignutim manjim tlakom. Uklonjen je veći dio površinskog sloja pa je vidljiv nekorodirani metal. To rezultira promjenom boje. Površina je jače matirana nego u prethodnom slučaju, a također je izmijenjena tekstura većeg dijela pjeskarene površine. Zapaža se i jači utjecaj abraziva na sredini nego na rubnim dijelovima pjeskarenog područja koje je većeg opsega nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom te obuhvaća gotovo cijelu nepokrivenu površinu. Pod mikroskopom se uočavaju izraženija oštećenja površine (gusto raspoređeni svijetli, točkasti tragovi i veća udubljenja). Ne primjećuju se ostaci produkata korozije. Prijelaz je oštar i jasan, a udari čestica na rubu slabiji nego na sredini pjeskarene površine, ali i dalje izraženi.

Utjecaj pjeskarenja aluminiја korodiranog u otopini klorovodične kiseline pod nižim tlakom veoma je slab, rezultira tek slabom promjenom boje i sjaja koja zahvaća cijelu nepokrivenu površinu. Pod mikroskopom se pjeskarena površina po teksturi veoma malo razlikuje od nepjeskarene jer udari čestica blago deformiraju postojeću teksturu, ali ne uklanjaju produkte korozije. Pod višim tlakom došlo je do djelomičnog uklanjanja produkata korozije, većeg hrapavljenja površine te promjene boje, teksture i sjaja. Na rubnim dijelovima pjeskarene površine još se nazire tekstura uzorka kakva je bila prije pjeskarenja, dok se na sredini pjeskarenog dijela tekstura gubi. Pod mikroskopom se uočavaju gusto raspoređena oštećenja površine koja mogu biti posljedica i procesa korozije i pjeskarenja, što se ovakvim pregledom ne može utvrditi.

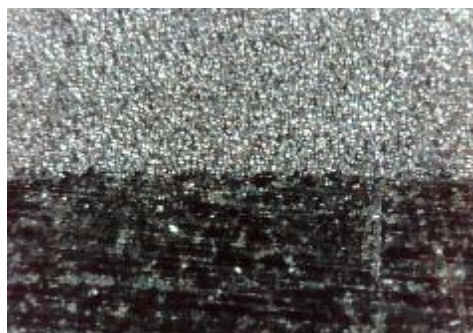
Kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita rezultati pjeskarenja su slični pjeskarenju nekorodiranog aluminijskog. Pjeskarenje pod tlakom 1 bar matira cijelu površinu izloženu abrazivima, ali ne uklanja u potpunosti teksturu površine prije pjeskarenja. Sredina pjeskarene površine je nešto jače zahvaćena abrazivima nego rubni dio. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je oštar. Kod pjeskarenja pod većim tlakom pjeskarena površina je intenzivnije matirana, a pod mikroskopom se primjećuju intenzivniji tragovi udara. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine jasno je vidljiv.

Masa nekorodiranog aluminijskog uzorka nakon prvog pjeskarenja pada, a mase ostalih uzoraka rastu. Nakon drugog pjeskarenja masa prvog uzorka i dalje pada, masa drugog stagnira, a kod posljednja dva uzorka dolazi do povećanja mase. Promjene su neznatne, kreću se od 0,01 g do 0,06 g.

Slika 63. Aluminij pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 64. Aluminij pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.4.2. Bakar

Pjeskarenjem uzorka nekorodiranog bakra pod tlakom 1 bar površina blago matira, ali ne dolazi do uklanjanja otprije prisutnih oštećenja i teksture površine. Abrazivom je jednoliko zahvaćena cijela nepokrivena površina. Pod mikroskopom se vide tragovi udara čestica i jasan prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara postiže se veće matiranje površine koje se smanjuje na samim rubovima pločice, a na sredini pjeskarene površine uklanja prijašnju teksturu. Mikroskopom se uočavaju gušći tragovi udara čestica o površinu.

Na uzorku bakra korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod manjim tlakom dolazi do djelomičnog uklanjanja produkata korozije što rezultira posvjetljenjem pjeskarene površine i ujednačavanjem teksture pjeskarene površine u odnosu na nepjeskarenu površinu. Pod mikroskopom se vide gusti tragovi udara abraziva koji se na prijelazu prorjeđuju. Pod većim tlakom postiže se sličan, ali intenzivniji rezultat: površina je više posvijetlila i matiranje je nešto jače (površina je hrapavija) te je uklonjena veća količina produkata korozije. Tragovi abraziva gotovo su intenzivniji, ali po teksturi jednaki tragovima nastalima pjeskarenjem pod nižim tlakom.

Na pločici bakra korodiranoj u klorovodičnoj kiselini nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar dolazi do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja što rezultira razlikom u boji i sjaju površine. Promjena je intenzivnija u središtu pjeskarenog dijela, dok se prema rubovima pločice intenzitet smanjuje. Nije uklonjena otprije postojeća tekstura. Pod mikroskopom su vidljivi sjajni, gusto raspoređeni tragovi abraziva koji se neznatno prorjeđuju na prijelazu između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod tlakom 5 bara uočava se promjena boje i sjaja te intenzivnije uklanjanje površinskog sloja na sredini pjeskarene površine, dok tekstura površine nije u potpunosti izmijenjena. Abrazivima je zahvaćen cijeli nepokriveni dio uzorka. Pod mikroskopom se tragovi abraziva očituju kao svijetle točkice na crvenoj površini. Prijelaz između dviju površina je oštar i vidljiv kako golim okom tako i pod mikroskopom.

Pri pjeskarenju uzorka bakra korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita pod tlakom 1 bar, dolazi do uklanjanja veće količine produkata korozije, što rezultira promjenom boje, sjaja i teksture površine. Unatoč uklanjanju korozijskih produkata, kristalizirani bakrovi sulfati su se zadržali na površini uzorka. Pod mikroskopom se uočavaju sjajni točkasti tragovi pjeskarenja. Pjeskarenjem pod većim tlakom pjeskarena površina matira te je svjetlija od nepjeskarene površine. Dolazi do djelomičnog uklanjanja produkata korozije, pogotovo na sredini

pjeskarenog dijela. Na mikroskopskoj snimci vidljivi su svijetli točkasti tragovi na crvenoj jednolikoj površini. Prijelaz je jasno vidljiv i golim okom i mikroskopom.

Prilikom pjeskarenja pod manjim tlakom povećavaju se mase svih uzoraka bakra. Nakon pjeskarenja pod većim tlakom prvom uzorku se malo smanjuje masa, drugom uzorku masa stagnira, a kod posljednja dva uzorka dolazi do povećanja mase. Promjene masa se kreću od 0,01 g do 0,17 g.

Slika 65. Bakar pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:



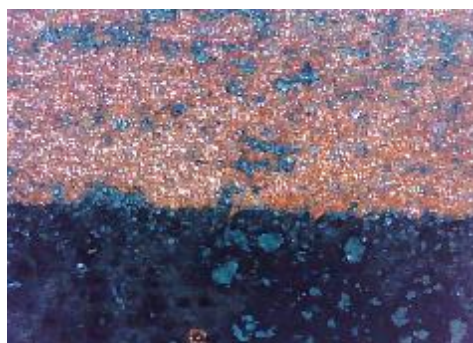
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 66. Bakar pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.4.3. Bronca

Na nekorodiranom uzorku bronce pod niskim tlakom ostaje jedva vidljiv trag pjeskarenja koji se očituje kao veoma blago matiranje koje zahvaća cijelu nepokrivenu površinu. Pod mikroskopom se naziru rijetki, svijetli tragovi abraziva. Prijelaz je slabo vidljiv golim okom, a pod mikroskopom se jasno razaznaje. Pod većim tlakom dolazi do jačeg matiranja površine koje ravnomjerno zahvaća cijeli nepokriveni dio uzorka. Tekstura metala se gubi pjeskarenjem. Pod mikroskopom su vidljivi gusti, svijetli, točkasti tragovi koji tvore vidljivu granicu između pjeskarene i nepjeskarene površine.

Na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida došlo je do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja klorida, što je rezultiralo promjenom boje i sjaja površine, a zahvaćena je cijela nepokrivena površina uzorka. Pjeskarenjem nije izmijenjena tekstura metala. Pod mikroskopom se vide točkasti tragovi i oštećenja nastala udarima abraziva. Na mjestima gdje je oštećen površinski sloj klorida vidi se nekorodirani materijal. Promatrano golim okom pjeskarenje pod većim tlakom dovelo je do većeg uklanjanja površinske korozije što je rezultiralo promjenom boje, sjaja, a djelomično i teksture, osobito na sredini pjeskarene površine. Pod mikroskopom su uočljiviji gušći tragovi abraziva.

Pjeskarenje uzorka bronce korodiranog u otopini klorovodične kiseline pod nižim tlakom rezultira ravnomjernim tamnjenjem, promjenom sjaja i djelomičnom promjenom teksture površine. Površinski sloj je mjestimice uklonjen. Pod mikroskopom se, kao i na prethodnim uzorcima, vide svijetli točkasti tragovi koji su jednoliko raspoređeni po pjeskarenoj površini. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je do jačeg uklanjanja površinskog sloja korozije pa stoga i do promjene boje, sjaja i teksture pjeskarenog dijela. Promjene su intenzivnije na sredini (vide se tragovi nekorodirane bronce) nego na rubovima pjeskarene površine. Pod mikroskopom pjeskarena površina jednaka je onoj prethodnog uzorka.

Na uzorku korodiranom u otopini sulfata pjeskarenjem pod tlakom 1 bar došlo je do promjene sjaja i boje te djelomičnog uklanjanja površinskog sloja korozije, a zahvaćen je cijeli neprekriveni dio površine. Na pjeskarenom dijelu su se zadržali produkti korozije. Pod mikroskopom se tragovi abraziva očituju kao gusto raspoređena točkasta oštećenja na površini različitih boja. Pod većim tlakom došlo je do intenzivnijeg matiranja, promjene boje i sjaja te djelomičnog uklanjanja teksture. Utjecaj je osobito izražen na središnjem dijelu pjeskarene površine, a prema rubnom dijelu slabi. Pod mikroskopom se vidi da ispjeskarena površina ima teksturu sličnu kao na prethodnim uzorcima bronce pjeskarenima pod istim tlakom (svijetli točkasti tragovi nastali udarima abraziva).

Masa nekorodiranog uzorka raste nakon prvog pjeskarenja, a nakon drugog pada. Kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida masa se u oba pjeskarenja neznatno smanjuje, a kod uzorka korodiranog u otopini klorovodične kiseline masa kontinuirano raste. Nakon prvog pjeskarenja masa uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita se smanjuje, a nakon drugog pjeskarenja se povećava.

Slika 67. Bronca pjeskarena keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 68. Bronca pjeskarena keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



c) uzorak korodiran u otopini NaCl sredina



d) uzorak korodiran u otopini NaCl, prijelaz



e) uzorak korodiran u otopini HCl, sredina



f) uzorak korodiran u otopini HCl, prijelaz



g) uzorak korodiran u otopini Na₂S₂O₅, sredina



h) uzorak korodiran u otopini Na₂S₂O₅, prijelaz

6.4.4. Mjed

Na nekorodiranoj pločici mjedi pjeskarenjem pod tlakom 1 bar nastaje ravnomjerna matirana površina koja zahvaća čitav nepokriveni dio uzorka. Pod mikroskopom površina izgleda ujednačena. Tragovi udara čestica su gusto raspoređeni, a očituju se kao točkasta oštećenja. Prijelaz pjeskarenog i nepjeskarenog dijela se razaznaje i vizualnim pregledom i pod mikroskopom. Nakon pjeskarenja pod tlakom 5 bara uočava se jače matiranje, odnosno hrapavljenje pjeskarene površine. Zahvaćen je cijeli nepokriveni dio, a prijašnja tekstura površine više nije vidljiva. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi jednako kao i kod pjeskarenja pod nižim tlakom.

Na uzorku mjedi korodiranom u otopini natrijevog klorida, pjeskarenom pod tlakom 1 bar dolazi do blagog matiranja površine, bez uklanjanja površinskog sloja ili utjecanja na teksturu. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi čestica abraziva u obliku svijetlih točkica. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je golim okom slabo vidljiv, a pod mikroskopom se jasno raspoznaje. Pjeskarenje keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara dovodi do većeg matiranja površine, osobito na središnjem dijelu pjeskarenog područja. Dolazi i do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja klorida te izmjene teksture. Uzorak se pod mikroskopom ne razlikuje od prethodnog: gusti tragovi abraziva jednoliko su raspoređeni po sredini pjeskarene površine, a prema rubu se njihova koncentracija smanjuje.

Na mjedi korodiranom u otopini klorovodične kiseline prilikom pjeskarenja pod tlakom 1 bar došlo je male promjene boje i sjaja, bez utjecanja na teksturu. Produkti korozije pjeskarenjem nisu uklonjeni. Mikroskopskim pregledom vidi se crvenkasta površina sa svijetlim tragovima i udubljenjima nastalima udarom čestica. Povećanjem tlaka na 5 bara površina se jače matira, uklanja se površinski sloj klorida i nekadašnja tekstura metala. Dolazi do promjene boje i sjaja. Pjeskarena površina je pod mikroskopom jednaka površini uzorka korodiranog u natrijevom kloridu pjeskarenog pod istim tlakom.

Pjeskarenje pod manjim tlakom pločice korodirane u otopini natrijevog metabisulfita rezultira promjenom u sjaju i teksturi dijela površine zahvaćenog abrazivima. Pod mikroskopom se vide svijetli točkasti tragovi abraziva koje se vide i na prijelazu pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod većim tlakom dolazi do intenzivnijeg matiranja, uklanjaju se slojevi sulfata i dolazi do promjene boje, sjaja i teksture površine. Kristalizirani sulfati nisu u potpunosti uklonjeni. Sredina pjeskarenog dijela je zahvaćenija abrazivom pa je svjetlija, dok su rubni dijelovi tamniji. Mikroskopom se očituju gusti tragovi udaraca čestica u obliku svijetlih

točkica; primjećuje se da su udari malo intenzivniji u odnosu na uzorak pjeskaren pod tlakom 1 bar.

Kod prvog uzorka primjećuje se rast mase nakon prvog i stagnacija nakon drugog pjeskarenja. Drugi uzorak uopće ne mijenja masu, a treći prati kontinuirani porast mase. Na četvrtom uzorku masa se najprije smanjuje, a onda povećava. Raspon promjena mase je od 0,01 g do 0,06 g.

Slika 69. Mjed pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 70. Mjed pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



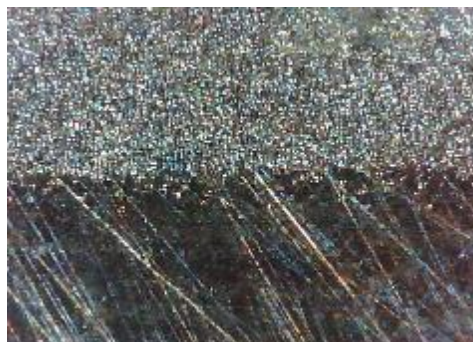
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.4.5. Cink

Pjeskarenjem nekorodiranog uzorka cinka pod tlakom 1 bar obrađena površina postaje slabo, ali jednoliko matirana. Pod mikroskopom površina izgleda ujednačena, a tragovi udara čestica su vidljivi kao svijetle točkice. Na prijelazu su tragovi udaraca jasno vidljivi. Pod tlakom 5 bar postiže se veća hrapavost, odnosno matiranje. Pjeskarenjem se ujednačuje površina i uklanjaju tragovi nekadašnje teksture uzorka. Udari čestica su gušći i međusobno se preklapaju.

Pjeskarenjem pod nižim tlakom uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida djelomično je uklonjen površinski sloj kloridnih soli. Na mikroskopskoj snimci nije moguće razaznati tragove abraziva od produkata korozije. Pjeskarenjem pod višim tlakom djelomično je uklonjen površinski sloj soli, u znatno većoj mjeri nego pjeskarenjem pod nižim tlakom, a metalna površina postaje sjajnija. Pod mikroskopom se uočavaju tragovi udara abraziva koji su prisutni, slično kao kod nekorodiranog uzorka, u vidu svijetlih, točkastih oštećenja gusto raspoređenih po pjeskarenoj površini.

Pločica cinka korodirana u otopini klorovodične kiseline u jako je lošem stanju te pjeskarenjem pod tlakom 1 bar došlo je do otvaranja pukotine u pločici. Djelomično su uklonjeni slojevi klorida, a pjeskarena površina poprimila je drukčiju boju. Pod mikroskopom je teško odrediti utjecaj abraziva na površinu zbog velike količine produkata korozije koji razaraju samu površinu. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je dodatnog raspadanja uzorka. Uklonjen je značajniji dio površinskog sloja, a došlo je i do promjene boje, sjaja i teksture površine. Na pjeskarenom dijelu pod mikroskopom vide se tragovi udara čestica kao svijetla točkasta oštećenja gusto raspoređena po pjeskarenom dijelu.

Na površini uzorka korodiranog u natrijevom metabisulfitu kristalizirane su soli pjeskarenjem pod tlakom 1 bar samo djelomično uklonjene. Pjeskarena površina je za nijansu tamnija, a utjecaj na slojeve površinske korozije je zanemariv. Pod mikroskopom nije moguće raspoznati tragove abraziva zbog velike prisutnosti produkata korozije. Pod većim tlakom dolazi do većeg uklanjanja produkata korozije, promjene teksture, boje i površinskog sjaja. Na sredini pjeskarenog dijela površina je tamnija i sjajnija nego na rubnom području. Pod mikroskopom se uočava gotovo ista površina kao na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida, pjeskarenog pod istim tlakom.

Masa nekorodiranog uzorka i onoga korodiranog u otopini klorovodične kiseline nakon prvog pjeskarenja pada. Kod preostala dva uzorka se nakon prvog pjeskarenja masa povećava.

Nakon drugog pjeskarenja masa nekorodiranog uzorka i onoga korodiranog u otopini natrijevog klorida stagnira, masa uzorka korodiranog u otopini klorovodične kiseline raste, a masa uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita pada. Promjene u masi se kreću od 0,01 g do 0,17 g.

Slika 71. Cink pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



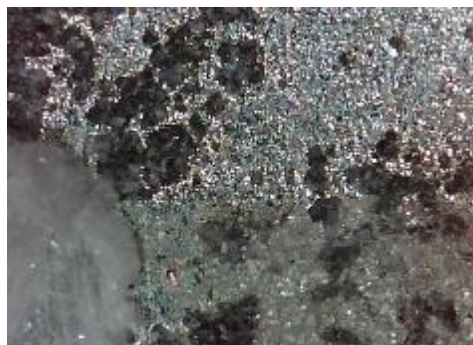
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 72. Cink pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.4.6. Kositar

Na nekorodiranim pločicama kositra pjeskarenjem pod nižim tlakom dolazi do ravnomjernog matiranja površina. Pregled površine mikroskopom pokazuje da je površina jako slična onoj nekorodiranog uzorka cinka: ravnomjerno raspoređeni tragovi udara abraziva u obliku svijetlih točkica, koji se malo prorjeđuju na rubovima pjeskarenog područja. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg hrapavljenja površine. Tragovi udara su gusto raspoređeni te nema neoštećenog područja između dvaju mjesta udara čestica. Rubni dio se ne razlikuje od središnjeg, a gustoća tragova abraziva je tek neznatno manja.

Pjeskarenjem pod tlakom 1 bar površina uzoraka korodiranih u otopini natrijevog klorida postaje hrapava, mijenja joj se boja i sjaj. Tekstura ostaje gotovo neizmijenjena. Pod mikroskopom su vidljiva oštećenja nastala pjeskarenjem u obliku svijetlih točkica kakve su nastale i na nekorodiranom uzorku. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg matiranja površina uzoraka. Udari čestica su jači i gušći, međusobno se preklapaju pa nema neoštećene površine.

Pjeskarenje pod manjim tlakom uzoraka korodiranih u klorovodičnoj kiselini djelomično uklanja soli koje su kristalizirale na površini. Površine su ujednačenije, tekstura nije u potpunosti izmijenjena, a prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag. Također se primjećuje promjena u sjaju pjeskarenog područja. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi pjeskarenja koji se očituju kao svijetle točkice i udubine. Pod tlakom 5 bara primjećuju se intenzivniji rezultati pjeskarenja; dolazi do promjene boje, sjaja i teksture pjeskarenih površina koje na oba uzorka zahvaćaju čitavo nepokriveno područje, a površina postaje hrapavija. Pod mikroskopom se na oba uzorka uočava isti efekt pjeskarenja: točkasti gusti tragovi udara, ravnomjerno rašireni po cijelom nepokrivenom dijelu.

Pjeskarenjem uzoraka korodiranih u otopini natrijevog metabisulfita pod tlakom 1 bar dolazi do uklanjanja većeg dijela površinskog sloja kositrovih soli, površine postaju jednolike i tamne. Na oba uzorka vidljivi su pod mikroskopom sjajni tragovi nastali udarima abraziva. Tragovi su gušći na uzorku 60%-tnog kositra nego na uzorku 75 %-tnog. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do uklanjanja površinskog sloja u tolikoj mjeri da na površinu izbija nekorodirani metal, na pjeskarenom dijelu dolazi do promjene boje, sjaja i teksture. Matiranje površine je izraženije nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom. Pod mikroskopom površina izgleda gotovo jednako kao ona pjeskarena pod nižim tlakom, samo s intenzivnijim tragovima udara.

Mase nekorodiranih uzoraka se smanjuju nakon oba pjeskarenja. Uzorcima korodiranim u otopini natrijevog klorida masa stagnira ili se zanemarivo malo povećava. Kod uzoraka korodiranih u otopini klorovodične kiseline masa raste prilikom oba pjeskarenja. Mase uzoraka korodiranih u otopini natrijevog metabisulfita nakon prvog pjeskarenja rastu, a nakon drugog stagniraju. Promjene masa kreću se od 0,01 do 0,25 g.

Slika 73. Kositar (60%) pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 74. Kositar (75%) pjescaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 75. Kositar (60%) pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 76. Kositar (75%) pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.4.7. Olovo

Pjeskarenje nekorodiranog olova pod nižim tlakom stvara tek neznatne promjene na površini, tj. dolazi samo do blage promjene sjaja površine. Mikroskopskim pregledom vide se sjajni, međusobno udaljeni tragovi pjeskarenja. Pod većim tlakom dolazi do većeg oštećenja, uklanja se površinski sloj i dolazi se do nekorodiranog metala. Učinak pjeskarenja vidljiviji je na srednjem dijelu pjeskarene površine, a prema rubovima slabi i tvori blagi prijelaz prema nepjeskarenoj površini. Pod mikroskopom se vide gusto raspoređena udubljenja nastala na sredini pjeskarene površine, a prema rubovima, kako slabi intenzitet udara, tako su udubljenja plića.

Kod uzorka korodiranog u otopini natrijeva klorida pjeskarenjem pod manjim tlakom dolazi do tamnjenja površine i promjene sjaja zbog djelomičnog uklanjanja površinskog sloja. Pod mikroskopom se vidi blago hrapavljenje površine u vidu svijetlih tragova, s jasnim prijelazom na nepjeskarenu površinu. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do uklanjanja velikog dijela površinskog sloja pa se jasno vidi površina nekorodiranog olova. Pod mikroskopom se vide izraženiji tragovi nastali udarima čestica koji su razlog većeg hrapavljenja površine.

Na uzorku korodiranom u klorovodičnoj kiselini vizualnim pregledom se uočava razlika u boji pjeskarene i nepjeskarene površine nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar. Zahvaćena je cijela nepokrivena površina. Pjeskarena površina je svjetlija i ujednačena. Pod mikroskopom se ne mogu razaznati tragovi udara čestica kao svijetle mrlje, a prijelaz se raspoznaje po razlici boja dviju površina. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara uklanja se veći dio površinskog sloja, otkriva se nekorodirani metal, a prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag. Pod mikroskopom se zapaža jednaka tekstura površine kao i kod prethodnih uzoraka pjeskarenih pod istim tlakom.

Pločica korodirana u otopini natrijevog metabisulfita pjeskarena pod tlakom 1 bar je na pjeskarenom dijelu ravnomjerno potamnila uslijed djelomičnog uklanjanja površinskog sloja. Pjeskarenjem pod višim tlakom uklanja se veliki dio produkata korozije pa se dolazi do nekorodiranog materijala. Pod mikroskopom nema značajnijih razlika između uzoraka olova korodiranih u različitim otopinama pjeskarenim pod jednakim tlakom.

Nakon pjeskarenja prvog uzorka pod nižim tlakom masa se povećala, a zatim, nakon drugog pjeskarenja, dolazi do smanjenja mase. Kod drugog uzorka nakon oba pjeskarenja dolazi do povećanja mase. Nakon prvog pjeskarenja posljednjeg uzorka dolazi do povećanja, a nakon drugog do stagniranja mase. Raspon promjene masa iznosi od 0,01 g do 0,2 g.

Slika 77. Olovo pjeskareno keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 78. Olovo pjeskareno keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.5. Kvarcni pijesak

6.5.1. Aluminiј

Pjeskarenjem kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar nekorodiranog uzorka aluminiја dolazi do znatnog, neravnomjernog hrapavljenja površine. Zahvaćen je veći dio nepokrivene površine pločice. Tragovi pjeskarenja su gušći na sredini pjeskarene površine, a prema rubovima se prorjeđuju. Pod mikroskopom se uočavaju oštećenja nastala prilikom udara u obliku udubina i ispupčenja. Na prijelazu se pjeskareni dio raspoznaje od nepjeskarene površine po sjajnim mrljama. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do intenzivnijeg hrapavljenja površine uzrokovanog gušćim udarima zrnaca pijeska. Način raspodjele tragova pjeskarenja po površini jednak je onome kod pjeskarenja pod nižim tlakom. Pod mikroskopom se uočavaju tragovi slični onima kod pjeskarenja pod nižim tlakom, ali zbog gušćih udara čestica na središnjem dijelu primjećuje se manja količina ispupčenja. Na rubnom dijelu koncentracija tragova udara je veća te je smanjen neoštećeni dio među njima.

Na uzorku aluminiја korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod tlakom 1 bar dolazi do slabog uklanjanja produkata korozije, površina je hrapavija, blago mijenja boju, sjaj i teksturu. Pod mikroskopom se na površini uzorka opažaju nepravilne izbočine i udubine koje teksturu čine neravnomjernom. Na prijelazu se tragovi prorjeđuju što ga čini teško primjetnim pod vizualnim pregledom. Rezultat pjeskarenja pod tlakom 5 bara znatno je intenzivniji od rezultata postignutim manjim tlakom. Uklonjen je veći dio površinskog sloja, vidljiv je nekorodirani metal što rezultira promjenom boje i teksture. Abrazivima je zahvaćen veći opseg površine nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom. Pod mikroskopom se uočavaju intenzivnija oštećenja površine, gusto raspoređena na središnjem i rubnom dijelu.

Utjecaj pjeskarenja pod nižim tlakom na aluminiј korodiran u otopini klorovodične kiseline veoma je slab, rezultira tek slabom promjenom boje i sjaja koja zahvaća cijelu nepokrivenu površinu. Pod mikroskopom se pjeskarena površina po teksturi vrlo malo razlikuje od nepjeskarene po sjajnim točkastim tragovima jer udari čestica ne uklanjaju produkte korozije, nego samo blago deformiraju postojeću teksturu. Pod višim tlakom došlo je do djelomičnog uklanjanja produkata korozije, većeg hrapavljenja površine te promjene boje, teksture i sjaja. Pod mikroskopom se uočavaju gusto raspoređena, svijetla, točkasta oštećenja površine koja se lagano prorjeđuju prema rubnom dijelu.

Kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita rezultati pjeskarenja pod oba tlaka slični su rezultatima pjeskarenja nekorodiranog aluminiја. Pod tlakom 1 bar dolazi do

neravnomjernog hrapavljenja površine. Sredina pjeskarene površine je jače zahvaćena abrazivima nego rubni dio. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag. Pod mikroskopom se primjećuju tragovi pjeskarenja slični onima na površini nekorodiranog uzorka pjeskarenog pod istim tlakom, samo su rjeđe raspoređeni. Na prijelazu su mjesta udara čestica međusobno udaljena i tamnija od ostatka površine. Kod pjeskarenja pod većim tlakom pjeskarena površina je intenzivnije matirana, a pod mikroskopom se primjećuju intenzivniji tragovi udara. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine jasno je vidljiv.

Masa nekorodiranog aluminijskog uzorka nakon prvog pjeskarenja pada, a mase ostalih uzoraka rastu. Nakon drugog pjeskarenja masa prvog i drugog uzorka raste, a kod posljednja dva uzorka masa se smanjuje. Promjene se kreću od 0,04 g do 0,26 g.

Slika 79. Aluminij pješkaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



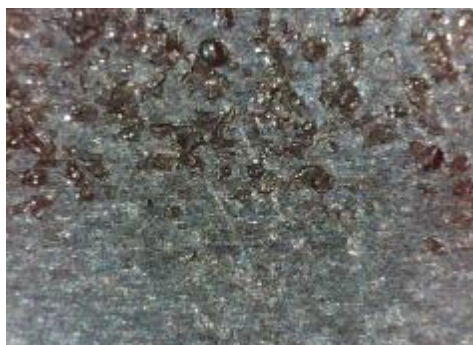
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*

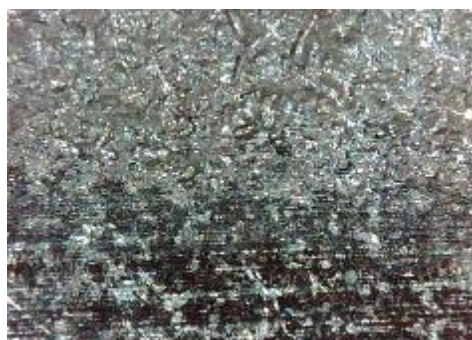


*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

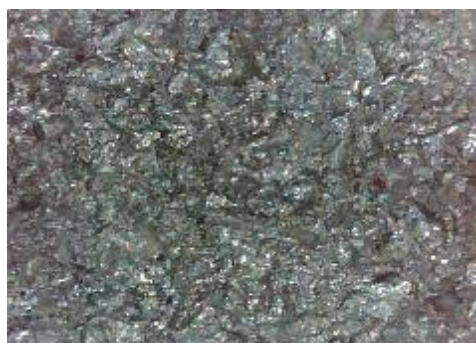
Slika 80. Aluminij pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.5.2. Bakar

Pjeskarenjem uzorka nekorodiranog bakra pod tlakom 1 bar površina se matira te dolazi do promjene teksture površine. Matiranje je izraženije na sredini pjeskarenog područja, dok prema rubovima slabi. Pod mikroskopom se vide tragovi udara čestica u obliku gusto raspoređenih udubina i izbočina. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara postiže se veće matiranje površine koje je koncentriranije na sredini pjeskarenog dijela, a smanjuje se na rubovima. Mikroskopom se uočavaju gušća oštećenja u vidu sjajnih, sivkastih i crvenih mrlja.

Na uzorku bakra korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod manjim tlakom dolazi do djelomičnog uklanjanja produkata korozije i izbijanja nekorodiranog sloja na površinu što rezultira blagom promjenom boje i sjaja. Pod mikroskopom se vide crvenkasti tragovi nekorodiranog metala koji izbija ispod sloja produkata korozije. Tragovi udara abraziva nisu raspoznatljivi. Pod većim tlakom dolazi do jačeg uklanjanja produkata korozije i izbijanja nekorodiranog materijala na površinu. Pjeskarena površina je znatno hrapavija te je blago izmijenjene boje i sjaja. Tragovi abraziva su po teksturi slični onima na nekorodiranom uzorku pjeskarenom pod istim tlakom.

Na pločici bakra korodiranoj u klorovodičnoj kiselini nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar dolazi do hrapavljenja površine. Promjena je intenzivnija u središtu pjeskarenog dijela, dok se prema rubovima pločice intenzitet smanjuje. Nije uklonjena otprije postojeća tekstura. Pod mikroskopom su vidljivi sjajni, gusto raspoređeni tragovi abraziva koji se prorjeđuju na prijelazu između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod tlakom 5 bara uočava se promjena boje i sjaja te intenzivnije uklanjanje površinskog sloja. Površina je hrapavija, a na sredini pjeskarenog područja izbija nekorodirani metal. Abrazivima je zahvaćen cijeli nepokriveni dio uzorka. Pod mikroskopom se tragovi abraziva očituju kao svijetle točkice na crvenoj površini.

Pri pjeskarenju uzorka bakra korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita pod tlakom 1 bar, dolazi do uklanjanja veće količine produkata korozije, što rezultira promjenom boje i sjaja te znatnom promjenom teksture, tj. hrapavljenja površine. Unatoč uklanjanju korozijskih produkata kristalizirani bakrovi sulfati su se zadržali na površini uzorka. Na sredini pjeskarenog dijela dolazi se do nekorodiranog materijala. Pod mikroskopom se uočavaju nepravilni, međusobno udaljeni tragovi pjeskarenja. Pjeskarenjem pod većim tlakom pjeskarena površina jače matira te je svjetlija od nepjeskarene površine. Dolazi do gotovo potpunog uklanjanja produkata korozije na pjeskarenom dijelu, osim uz rubove pločice. Na

mikroskopskoj snimci vidljivi su svijetli točkasti tragovi na crvenoj jednolikoj površini. Prijelaz je jasno vidljiv i golim okom i mikroskopom.

Tijekom pjeskarenja pod manjim tlakom povećavaju se mase svih uzoraka bakra osim onog korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita kojem se masa neznatno smanjuje. Nakon pjeskarenja pod većim tlakom masa se ponovno povećava svim uzorcima, osim uzorku korodiranom u otopini klorovodične kiseline kojem se masa smanjuje. Mase variraju u rasponu od 0,01 g do 0,15 g.

Slika 81. Bakar pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:



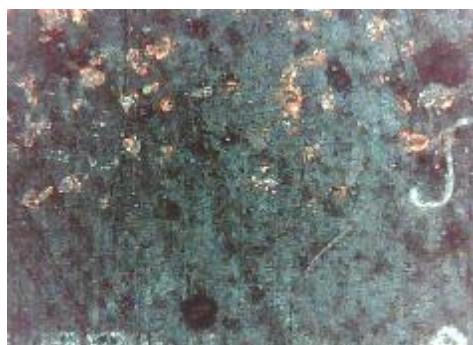
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

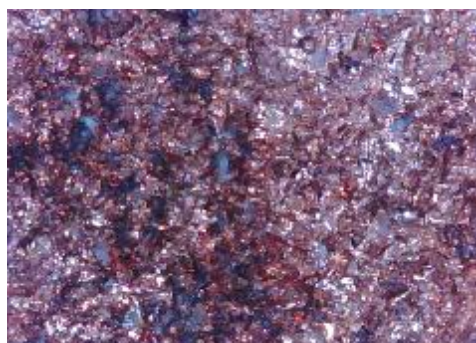
Slika 82. Bakar pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:



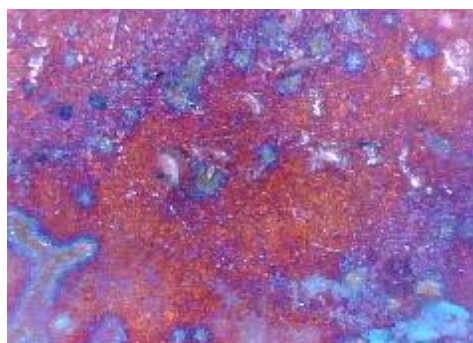
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.5.3. Bronca

Na nekorodiranom uzorku bronce pod niskim tlakom ostaje slabo primjetan trag pjeskarenja koji se očituje kao veoma blago matiranje središnjeg dijela pjeskarene površine. Pod mikroskopom se vide tragovi abraziva u obliku svijetlih mrlja između kojih se pojavljuju ostaci neoštećene površine. Na prijelazu su slabo vidljivi, međusobno udaljeni tragovi abraziva. Pod većim tlakom dolazi do jačeg matiranja površine, tj. središnjeg dijela pjeskarene površine. Tekstura metala se gubi pjeskarenjem. Pod mikroskopom su vidljivi gusti tragovi u obliku svijetlih mrlja koji se prorjeđuju na rubu pjeskarenog dijela i tvore vidljivu granicu između pjeskarene i nepjeskarene površine.

Pjeskarenjem pod manjim tlakom uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida došlo je do promjene boje i sjaja površine zahvaćene abrazivima. Pod mikroskopom se vidi da je veliki dio svijetlog površinskog sloja uklonjen. Na sredini ispjeskarene površine ostali su samo svijetli, točkasti tragovi korozije prema kojima se razaznaje i prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pjeskarenje pod većim tlakom dovelo je do znatnog uklanjanja površinske korozije i prodiranja do nekorodiranog materijala koji je prema tome prilično hrapaviji od nepjeskarene površine. Pod mikroskopom su uočljiviji tragovi abraziva slični onima na nekorodiranom uzorku pjeskarenom pod istim tlakom.

Rezultat pjeskarenja uzorka bronce korodiranog u otopini klorovodične kiseline pod tlakom 1 bar je promjena boje i sjaja uslijed djelomičnog uklanjanja produkata korozije na sredini pjeskarene površine gdje se vide i tragovi nekorodiranog metala. Pod mikroskopom se vide svijetli točkasti tragovi nekorodiranog metala koji su međusobno udaljeni. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je do jačeg uklanjanja površinskog sloja korozije pa stoga i do promjene boje, sjaja i teksture pjeskarenog dijela. Na sredini pjeskarene površine dolazi se do nekorodirane bronce. Pod mikroskopom pjeskarena površina jednaka je onoj prethodnog uzorka pjeskarenog pod istim tlakom.

Na uzorku korodiranom u otopini sulfata pjeskarenjem pod tlakom 1 bar došlo je do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja i izbijanja nekorodirane bronce. Pod mikroskopom se pjeskareni dio prepoznaje po svjetlijem tonu, tj. svijetlim mrljama koje prekrivaju površinski sloj, a osobito se dobro razaznaju na prijelaznom dijelu. Pod većim tlakom došlo je do uklanjanja površinskih slojeva, prodiranja nekorodiranog materijala na većoj površini te intenzivnijeg hrapavljenja pjeskarenog dijela. Pod mikroskopom se vidi da ispjeskarena površina ima teksturu sličnu kao na prethodnim uzorcima bronce pjeskarenima pod istim tlakom.

Masa prvog i posljednjeg uzorka pada nakon prvog pjeskarenja, a masa drugog i trećeg raste. Nakon drugog pjeskarenja rastu mase svih uzoraka, osim mase trećeg uzorka (korodiranog u otopini klorovodične kiseline) koja ostaje nepromijenjena. Razlike u masi variraju od 0,01 g do 0,11 g.

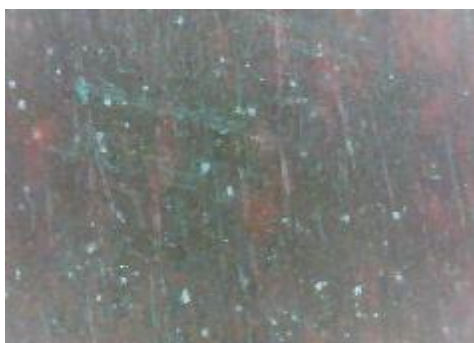
Slika 83. Bronca pjeskarena kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



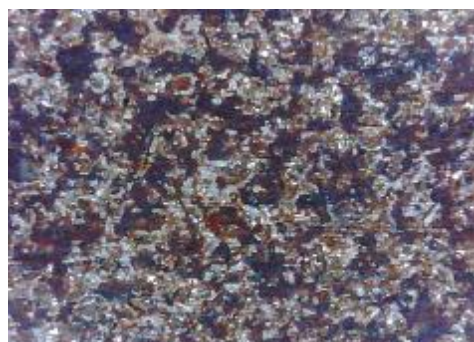
*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 84. Bronca pjeskarena kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.5.4. Mjed

Na nekorodiranoj pločici mjedi pjeskarenjem pod tlakom 1 bar nastaje neravnomjerna, matirana površina koja zahvaća gotovo cijeli nepokriveni dio uzorka. Tragovi udara čestica su gušće raspoređeni na sredini pjeskarenog područja, a prema rubovima se prorjeđuju. Prijelaz pjeskarenog i nepjeskarenog dijela se razaznaje i vizualnim pregledom i pod mikroskopom, pod kojim se oštećenja nastala udarom čestica očituju kao svijetli tragovi i udubine među njima. Nakon pjeskarenja pod tlakom 5 bara uočava se jače matiranje, odnosno hrapavljenje pjeskarene površine, a zahvaćen je veći dio nepokrivene površine. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi gotovo jednaki kao i kod pjeskarenja pod nižim tlakom, samo veće koncentracije.

Na uzorku mjedi korodiranom u otopini natrijevog klorida, pjeskarenom pod tlakom 1 bar dolazi do blage promjene boje i sjaja uz uklanjanje malog dijela površinskog sloja na sredini pjeskarene površine. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi čestica abraziva u obliku svijetlih točkica. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je teško raspoznatljiv i golim okom i mikroskopom. Pjeskarenje pod tlakom 5 bara dovodi do većeg uklanjanja površinskog sloja na središnjem dijelu pjeskarenog područja, gdje postaje vidljiv hrapavi nekorodirani metal. Uzorak se pod mikroskopom očituje kroz guste, svijetle tragove abraziva.

Na mjedi korodiranom u otopini klorovodične kiseline prilikom pjeskarenja pod tlakom 1 bar došlo je male promjene boje i sjaja, bez utjecanja na teksturu. Produkti korozije pjeskarenjem nisu uklonjeni. Mikroskopskim pregledom vide se svijetli tragovi i udubljenja nastala udarom čestica na crvenkastoj površini. Povećanjem tlaka na 5 bara dolazi do intenzivnijeg uklanjanja površinskog sloja klorida i nekadašnja tekstura metala na sredini pjeskarene površine. Dolazi do promjene boje i sjaja. Pjeskarena površina je pod mikroskopom gotovo jednaka površini nakon pjeskarenja pod nižim tlakom, uz intenzivnija oštećenja od udara čestica.

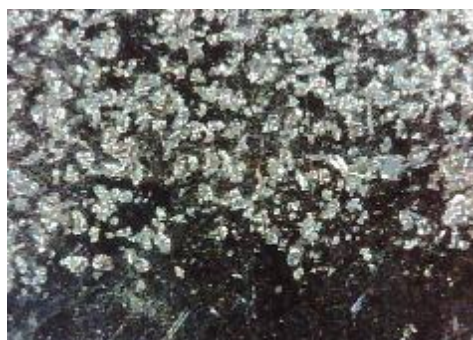
Pjeskarenje pod manjim tlakom pločice korodirane u otopini natrijevog metabisulfita rezultira blagom promjenom sjaja, boje i teksture dijela površine zahvaćenog abrazivima. Pod mikroskopom se vide međusobno udaljeni svijetli točkasti tragovi abraziva i dijelovi neoštećene površine. Pod većim tlakom dolazi do znatnijeg uklanjanja površinskih slojeva i izbijanja nekorodiranog metala na površinu, što rezultira promjenom boje, sjaja i teksture površine. Mikroskopom se očituju gusti tragovi udaraca čestica u obliku svijetlih točkica, slično kao kod pjeskarenja pod nižim tlakom, samo intenzivniji zbog jačine udara.

Prilikom prvog pjeskarenja mase prvog i posljednjeg uzorka su se smanjile, masa drugog uzorka nije promijenjena, a masa trećeg uzorka je porasla. Nakon drugog pjeskarenja primjećuje se porast mase kod svih uzoraka, osim trećega gdje dolazi do nezamjetnog smanjenja. Variranje mase kreće se u granicama od 0,01 g do 0,09 g.

Slika 85. Mjed pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:



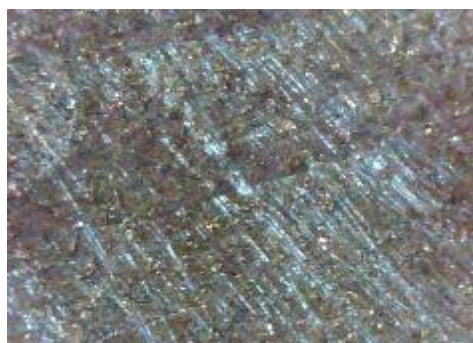
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



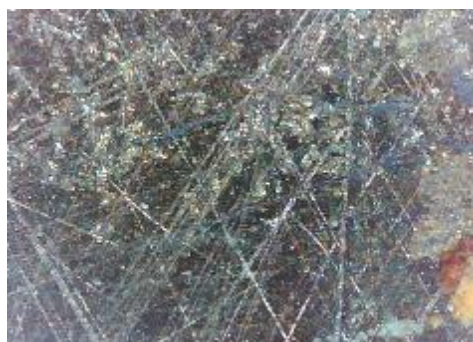
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 86. Mjed pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:



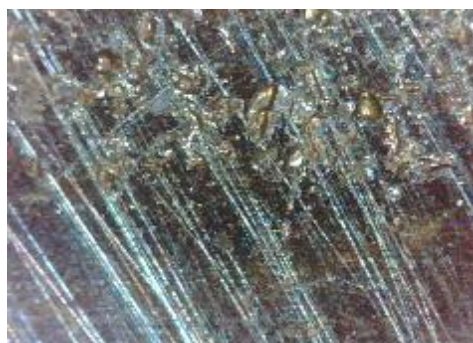
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.5.5. Cink

Pjeskarenjem nekorodiranog uzorka cinka pijeskom pod tlakom 1 bar obrađena površina postaje slabo neravnomjerno matirana. Pod mikroskopom tragovi udara čestica vidljivi su kao svijetle točkice. Pod tlakom 5 bara postiže se veća hrapavost površine, tj. površina je oštećenija. Zahvaćena je gotovo cijela nepokrivena površina. Udari čestica su gušći i međusobno se preklapaju.

Pjeskarenjem pod nižim tlakom uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida djelomično je uklonjen površinski sloj. Na mikroskopskoj snimci nije moguće razaznati tragove abraziva od produkata korozije, ali se na pojedinim mjestima razaznaje prijelazi između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pjeskarenjem pod višim tlakom površinski sloj soli uklonjen je u znatno većoj mjeri nego pjeskarenjem pod nižim tlakom. Na sredini pjeskarene površine izbija nekorodirani metal. Pod mikroskopom se uočavaju gotovo jednaki tragovi udara abraziva koji su prisutni i kod nekorodiranog uzorka pjeskarenog pod istim tlakom.

S obzirom na stanje cinka korodiranog u otopini klorovodične kiseline pjeskarenjem pod tlakom 1 bar dolazi do okrhnuća rubova i djelomičnog uklanjanja slojeva produkata korozije. To dovodi do blagog posvjetljenja površine. Pod mikroskopom je teško odrediti tragove abraziva na površinu zbog velike količine produkata korozije. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je dodatnog raspadanja uzorka. Uklonjen je značajniji dio površinskog sloja, a došlo je i do promjene boje, sjaja i teksture površine zbog izbijanja nekorodiranog metala na površinu. Na pjeskarenom dijelu pod mikroskopom se vide tragovi udara čestica kao svijetla točkasta oštećenja gusto raspoređena po pjeskarenom dijelu, slična onima na nekorodiranom uzorku pjeskarenim pod istim tlakom.

Na površini uzorka korodiranog u natrijevom metabisulfitu kristalizirane su soli pjeskarenjem pod tlakom 1 bar samo djelomično uklonjene te je na sredini pjeskarenog područja došlo do blagog tamnjenja. Pod mikroskopom nije moguće raspoznati tragove abraziva zbog velike prisutnosti produkata korozije. Pod većim tlakom dolazi do većeg uklanjanja produkata korozije i izbijanja nekorodiranog cinka na sredini pjeskarenog područja što rezultira promjenom teksture, boje i površinskog sjaja. Pod mikroskopom se uočava gotovo ista površina kao na nekorodiranom uzorku.

Masa nekorodiranog uzorka nakon prvog pjeskarenja pada, a nakon drugog raste. Kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida masa se nakon svakog pjeskarenja masa povećava.

Mase uzoraka korodiranih u otopini klorovodične kiseline i otopini natrijevog metabisulfitu smanjuju se nakon svakog pjeskarenja. Promjene u masi se kreću od 0,02 g do 0,15 g.

Slika 87. Cink pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 88. Cink pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



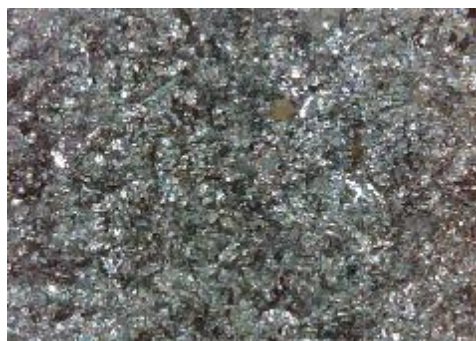
b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.5.6. Kositar

Na nekorodiranim pločicama kositra pjeskarenjem pod nižim tlakom dolazi do ravnomjernog matiranja površina. Pregled površine mikroskopom pokazuje gusto raspoređene tragovi udara abraziva u obliku svijetlih točkica, koji se malo prorjeđuju na rubovima pjeskarenog područja. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg hrapavljenja površine. Tragovi udara su gotovo jednaki onima nastalima pjeskarenjem pod nižim tlakom.

Pjeskarenjem uzoraka korodiranih u otopini natrijevog klorida pod tlakom 1 bar površina postaje hrapava, mijenja joj se boja i sjaj, a tekstura ostaje gotovo neizmijenjena. Pod mikroskopom su vidljiva oštećenja nastala pjeskarenjem u obliku svijetlih točkica kakve su nastale i na nekorodiranom uzorku. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do blagog deformiranja pločica, na površini uzoraka nastaju veća oštećenja te dolazi do izbijanja nekorodiranog metala. Udari čestica su jači i gušći, međusobno se preklapaju pa nema neoštećene površine, a tragovi su veoma slični onima nastalima pjeskarenjem pod nižim tlakom.

Pjeskarenje pod manjim tlakom uzoraka korodiranih u klorovodičnoj kiselini djelomično uklanja soli koje su kristalizirale na površini. Površine su ujednačenije, a prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag. Također se primjećuje promjena u sjaju pjeskarenog područja. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi pjeskarenja koji se očituju kao svijetle točkice i udubine. Pod tlakom 5 bara dolazi do deformiranja pločice, promjene boje, sjaja i teksture pjeskarenih površina koje na oba uzorka zahvaćaju čitavo nepokriveno područje, a površina postaje hrapavija. Pod mikroskopom se na oba uzorka uočava isti efekt pjeskarenja kao kod pjeskarenja pod nižim tlakom.

Pjeskarenjem uzoraka korodiranih u otopini natrijevog metabisulfita pod tlakom 1 bar dolazi do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja, promjene boje i sjaja. Na sredini pjeskarenih područja dolazi do hrapavljenja površine koje ne dovodi do nekorodiranog sloja. Na oba uzorka vidljivi su pod mikroskopom sjajni tragovi nastali udarima abraziva. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do uklanjanja površinskog sloja u tolikoj mjeri da na površinu izbija nekorodirani metal, na pjeskarenom dijelu dolazi do promjene boje, sjaja i teksture. Površine su hrapavije nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom, a pod mikroskopom izgledaju gotovo jednako kao nekorodirani uzorak pjeskaren pod istim tlakom.

Nakon prvog pjeskarenja mase nekorodiranih uzoraka se smanjuju, a mase preostalih uzoraka rastu (osim uzorka 75%-tnog kositra korodiranog u otopini klorovodične kiseline kojem se

masa ne mijenja). Nakon drugog pjeskarenja nekorodiranim uzorcima i onima korodiranim u otopini natrijevog klorida masa raste, dok se ostalim uzorcima masa smanjuje. Promjene masa kreću se od 0,02 do 0,17 g.

Slika 89. Kositar (60%) pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 90. Kositar (75%) pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*

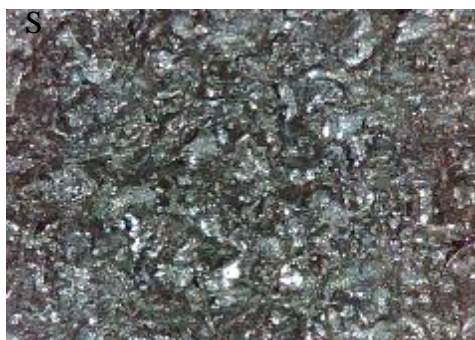


*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*

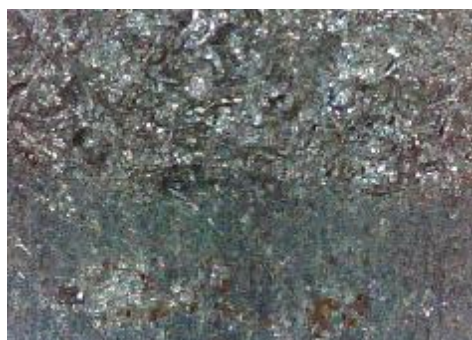


*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 91. Kositar (60%) pješkaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



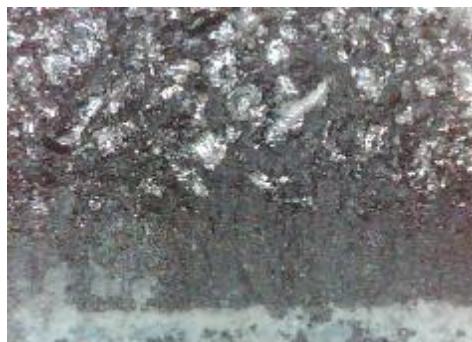
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

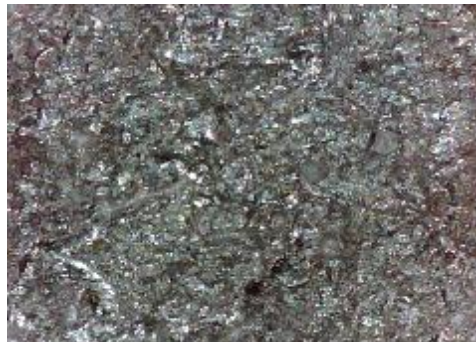
Slika 92. Kositar (75%) pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.5.7. Olovo

Pjeskarenje nekorodiranog olova pod nižim tlakom uzrokuje blage promjene sjaja površine i blago hrapavljenje sredine pjeskarene površine. Mikroskopskim pregledom vide se neravnomjerni, svijetli tragovi pjeskarenja koji se prorjeđuju na prijelazu. Pod većim tlakom dolazi do većeg oštećenja površine. Zahvaćen je cijeli nepokriveni dio uzorka, a učinak je ravnomjeran: površina je hrapavija te je došlo do promjene boje i sjaja. Pod mikroskopom se vide gusto raspoređena udubljenja i svijetli tragovi udara čestica.

Kod uzorka korodiranog u otopini natrijeva klorida pjeskarenjem pod manjim tlakom dolazi do tamnjenja i promjene sjaja središnjeg dijela ispjeskarene površine. Pod mikroskopom se vidi blago hrapavljenje površine u vidu svijetlih tragova, s jasnim prijelazom na nepjeskarenu površinu. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara zahvaćena je veći dio nepokrivene površine na kojem dolazi do jačeg hrapavljenja i promjene boje. Pod mikroskopom se vide izraženiji tragovi nastali udarima čestica.

Na pločici korodiranoj u klorovodičnoj kiselini vizualnim pregledom se uočava razlika u boji pjeskarene i nepjeskarene površine nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar. Zahvaćena je gotovo cijela nepokrivena površina. Sredina pjeskarene površina je tamnija, dok je široki rubni dio svjetliji. Pod mikroskopom se ne mogu razaznati tragovi udara čestica kao svijetle mrlje, a prijelaz se raspoznaje po razlici boja dviju površina. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara pločica se blago deformira, uklanja se veći dio površinskog sloja i dolazi do većeg hrapavljenja površine. Pod mikroskopom se zapaža jednaka tekstura površine kao i kod prethodnih uzoraka pjeskarenih pod istim tlakom.

Pločica korodirana u otopini natrijevog metabisulfita pjeskarena pod tlakom 1 bar je potamnila na sredini pjeskarenog dijela uslijed djelomičnog uklanjanja površinskog sloja. Pod mikroskopom se učinak pjeskarenja raspoznaje po svijetlim tragovima udara čestica. Pjeskarenjem pod višim tlakom zahvaćena je veća površina koja postaje hrapavija i tamnija od nepjeskarene površine. Mikroskopskim pregledom zapaža se tekstura površine kao na prethodnim uzorcima olova pjeskarenim pod jednakim tlakom.

Nakon pjeskarenja manjim tlakom mase prvog i trećeg uzorka se smanjuju, a drugog i četvrtog se povećavaju. Nakon pjeskarenja pod većim tlakom mase prva dva uzorka rastu, a mase druga dva padaju. Raspon promjene masa iznosi od 0,01 g do 0,2 g.

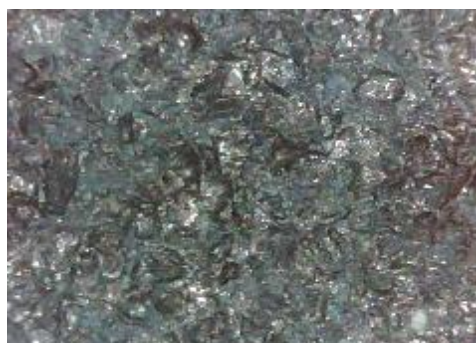
Slika 93. Olovo pjeskareno kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



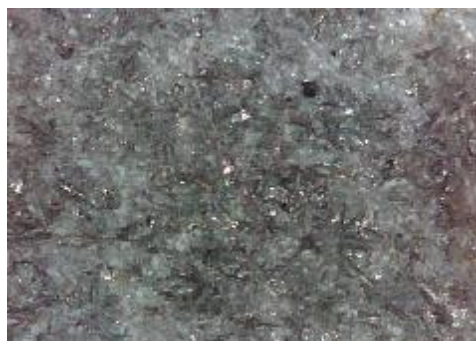
b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

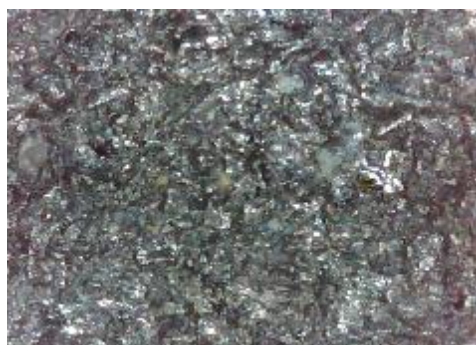
Slika 94. Olovo pjeskareno kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.6. Korund

6.6.1. Aluminiј

Površina nekorodiranog aluminiја pjeskarena korundom male granulacije pod tlakom 1 bar postaje neravnomjerno matirana, ali bez znatnog hrapavljenja površine. Abrazivom je zahvaćena veća površina nepokrivenog dijela pločice te se vizualnim pregledom uočava razlika u intenzitetu matiranja između sredine i rubnog dijela pjeskarene površine, s blagim prijelazom između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod mikroskopom površina izgleda jednolika, sa svijetlim, točkastim tragovima abraziva, a razlika između sredine i rubnog dijela je neznatna. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do blagog hrapavljenja površine, a matiranje se intenzivira te je zahvaćena veća površina. Pod mikroskopom se uočavaju gotovo jednaki tragovi kao i kod pjeskarenja pod nižim tlakom, s razlikom u gustoći tragova koja se povećava kod pjeskarenja pod višim tlakom. Ne primjećuje se znatna razlika u teksturi sredine i ruba pjeskarenog područja.

Na uzorku aluminiја korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod tlakom 1 bar djelomično se uklanja površinski sloj do nekorodiranog metala pa stoga dolazi do promjene boje, sjaja i teksture. Unatoč tom rezultatu ne dolazi do znatnog hrapavljenja, a postiže se matiranje površine. Pod mikroskopom površina izgleda gotovo jednaka površini nekorodiranog uzorka pri pjeskarenju pod nižim tlakom. Razlika se primjećuje na prijelazu koji se na korodiranom uzorku slabije vidi zbog produkata korozije na nepjeskarenom dijelu. Rezultat pjeskarenja pod tlakom 5 bara intenzivniji je od onog postignutog manjim tlakom, ali je sličan rezultatu pjeskarenja nekorodiranog uzorka istim tlakom: zahvaćena je veća površina, uklonjen je gotovo cijeli nepokriveni dio površinskog sloja pa je vidljiv nekorodirani metal. Površina je jače matirana uz blago hrapavljenje. Utjecaj abraziva je jači na sredini nego na rubnim dijelovima pjeskarenog područja. Pod mikroskopom površina izgleda gotovo jednaka površini nekorodiranog uzorka pri pjeskarenju pod istim tlakom.

Utjecaj pjeskarenja aluminiја korodiranog u otopini klorovodične kiseline pod nižim tlakom vidljiv je tek na manjem dijelu pjeskarene površine, gdje je djelomično uklonjen, što rezultira slabom promjenom boje i sjaja, odnosno matiranjem bez hrapavljenja površine. Pod mikroskopom sredina pjeskarene površine izgleda gotovo jednaka površini nekorodiranog uzorka pri pjeskarenju pod tlakom 1 bar. Međutim, prijelaz je slabije uočljiv zbog produkata korozije koji teksturu nepjeskarene površine čine sličnijom teksturi pjeskarene površine, nego što je slučaj na nekorodiranom uzorku. Pod višim tlakom došlo je do uklanjanja znatne količine produkata korozije na većoj površini, promjene boje, teksture i sjaja. Na rubnim

dijelovima pjeskarene površine još se nazire tekstura uzorka kakva je bila prije pjeskarenja. Pod mikroskopom se uočavaju gotovo jednaki tragovi kao i kod pjeskarenja pod nižim tlakom, odnosno tragovi su jednaki onima na prethodno opisanim uzorcima aluminijske ploče.

Kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita rezultati pjeskarenja su slični pjeskarenju nekorodiranog aluminijske ploče. Pjeskarenjem pod tlakom 1 bar površina postaje neravnomjerno matirana, bez znatnog hrapavljenja površine, a zahvaćena je veća površina nepokrivenog dijela ploče. Vizualnim pregledom uočava se razlika u intenzitetu matiranja između sredine i rubnog dijela pjeskarene površine, s blagim prijelazom između pjeskarene i nepjeskarene površine. Kod pjeskarenja pod većim tlakom pjeskarena površina je intenzivnije matirana uz blago hrapavljenje, a pod mikroskopom pjeskarena površina izgleda gotovo jednaka površini nekorodiranog uzorka pjeskarenog pod istim tlakom.

Nakon prvog pjeskarenja mase prvog i posljednjeg uzorka se smanjuju, a mase drugog i trećeg uzorka se povećavaju. Nakon drugog pjeskarenja mase prvog i drugog uzorka se smanjuju, masa trećeg se povećava, a kod posljednjeg uzorka masa stagnira. Promjene su neznatne, a kreću se od 0,01 g do 0,05 g.

Slika 95. Aluminij pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



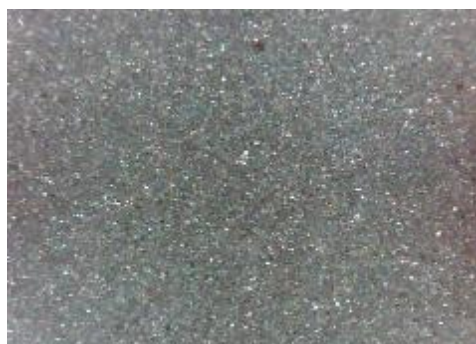
*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 96. Aluminij pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.6.2. Bakar

Pjeskarenjem uzorka nekorodiranog bakra pod tlakom 1 bar površina blago matira bez hrapavljenja, a abrazivom je zahvaćen dio nepokrivene površine. Sredina pjeskarene površine jače je matirana nego rubni dio, a prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag. Pod mikroskopom se vide ravnomjerni tragovi udara čestica kao sjajne točkice na crvenkastoj površini i jasan prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara postiže se veće matiranje površine uz blago hrapavljenje, zahvaćena je veća površina, a na sredini pjeskarene površine izraženije je djelovanje abraziva. Mikroskopom se uočavaju gušći tragovi udara čestica o površinu koji uzrokuju nešto veća oštećenja nego kod pjeskarenja pod manjim tlakom.

Na uzorku bakra korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod manjim tlakom dolazi do uklanjanja dijela produkata korozije do nekorodiranog metala na sredini pjeskarene površine, a prema rubovima dolazi do posvjetljenja i ujednačavanja teksture u odnosu na nepjeskarenu površinu. Pod mikroskopom se na sredini pjeskarene površine vide tragovi udara abraziva slični onima na nekorodiranom uzorku pjeskarenim pod istim tlakom. Na prijelazu se tragovi uočavaju na korodiranoj površini koja se i po boji razlikuje od nepjeskarenog, korodiranog područja. Pod većim tlakom postiže se sličan rezultat, ali većeg opsega: na većem dijelu površine je uklonjen sloj klorida i izbija nekorodirani metal koji je matiran, uz blago hrapavljenje, a na rubovima su preostali tragovi korozije posvijetlili. Tragovi abraziva su intenzivniji, ali po teksturi jednaki tragovima nastalima pjeskarenjem pod nižim tlakom; na prijelazu pjeskarena površina je crvenkasta zbog uklanjanja površinske korozije.

Na pločici bakra korodiranoj u klorovodičnoj kiselini nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar dolazi do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja na sredini pjeskarenog područja što rezultira malom razlikom u boji i sjaju površine. Otprije postojeća tekstura nije uklonjena. Pod mikroskopom su vidljivi sjajni, gusto raspoređeni tragovi abraziva koji se prorjeđuju na prijelazu između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod tlakom 5 bara uočava se uklanjanje površinskog sloja do nekorodiranog metala na sredini pjeskarene površine što rezultira promjenom boje, sjaja i teksture. Rubni dio je manje zahvaćen abrazivima, ali je ipak uklonjen dio produkata korozije što je rezultiralo posvjetljenjem površine. Pod mikroskopom se tragovi abraziva očituju kao svijetle točkice na crvenoj površini, a prijelaz između dviju površina je oštar i vidljiv kako golim okom tako i pod mikroskopom.

Pri pjeskarenju uzorka bakra korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita pod tlakom 1 bar dolazi do uklanjanja veće količine produkata korozije na sredini pjeskarenog područja, što rezultira promjenom boje, sjaja i teksture površine. Na rubnom dijelu su se zadržali kristalizirani bakrovi sulfati. Pod mikroskopom se uočavaju sjajni točkasti tragovi pjeskarenja, a na prijelazu različite boje pjeskarene (crveni nekorodirani bakar) i nepjeskarene površine (zelenkasti bakrovi sulfati). Pjeskarenjem pod većim tlakom pjeskarena površina matira uz blago hrapavljenje te je svjetlija od nepjeskarene površine. Dolazi do uklanjanja produkata korozije na sredini i djelomičnog uklanjanja prema rubovima pjeskarenog dijela. Na mikroskopskoj snimci vidljivi su gusti, svijetli točkasti tragovi na crvenoj jednolikoj površini. Prijelaz je jasno vidljiv i golim okom i mikroskopom, jednako kao i kod pjeskarenja pod nižim tlakom.

Prilikom pjeskarenja pod manjim tlakom povećavaju se mase svih korodiranih uzoraka, dok se masa nekorodiranog uzorka smanjuje. Nakon pjeskarenja pod većim tlakom prvom i trećem uzorku se masa malo povećava, drugom uzorku masa stagnira, a kod četvrtog uzorka dolazi do smanjenja mase. Promjene masa se kreću od 0,01 g do 0,12 g.

Slika 97. Bakar pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 98. Bakar pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:



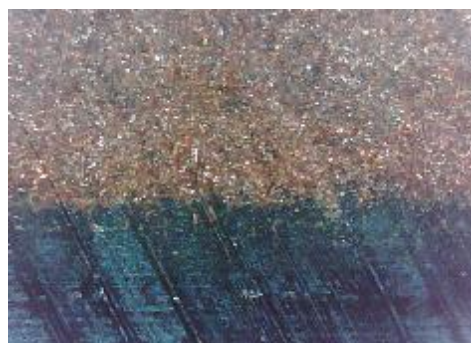
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.6.3. Bronca

Na nekorodiranom uzorku bronce pod niskim tlakom ostaje matirana površina čiji efekt prema rubovima ispjeskarenog područja slabi. Do matiranja dolazi bez hrapavljenja površine. Pod mikroskopom se vide ravnomjerni tragovi udara čestica kao sjajne, međusobno udaljene točkice. Prijelaz je vidljiv golim okom i pod mikroskopom. Pod većim tlakom dolazi do jačeg matiranja površine koje zahvaća veći dio nepokrivene površine uzorka. Dolazi do blagog hrapavljenja površine koja mijenja boju, sjaj i teksturu. Pod mikroskopom su vidljivi gusti, svijetli, točkasti tragovi nastali jačim udarima čestica o površinu, a tvore vidljivu granicu između pjeskarene i nepjeskarene površine.

Na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida došlo je do uklanjanja površinskog sloja klorida i izbijanja nekorodiranog metala na sredini pjeskarenog dijela, a prema rubnom dijelu do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja te ujednačavanja pjeskarene površine. Pod mikroskopom se vide točkasti tragovi slični onima na uzorku nekorodiranog metala. Na mjestima gdje je oštećen površinski sloj klorida vidi se nekorodirani materijal. Pjeskarenje korundom pod većim tlakom dovelo je do većeg uklanjanja površinske korozije na sredini pjeskarenog dijela što je rezultiralo promjenom boje, sjaja, a djelomično i teksture. Pod mikroskopom su uočljiviji gušći tragovi abraziva u obliku svijetlih točkica. Prijelaz je slabije vidljiv nego na nekorodiranom uzorku zbog prisutnosti korozijskih produkata na nepjeskarenoj površini.

Pjeskarenje uzorka bronce korodiranog u otopini klorovodične kiseline pod nižim tlakom rezultira matiranjem na sredini pjeskarenog dijela, bez hrapavljenja površine, a uz probijanje nekorodiranog metala na površinu. Pod mikroskopom se, kao i na prethodnim uzorcima, vide svijetli točkasti tragovi koji su jednoliko raspoređeni po pjeskarenoj površini. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je do jačeg uklanjanja površinskog sloja korozije pa stoga i do izbijanja nekorodiranog metala na površinu. Površina je hrapavija pa dolazi i do promjene boje, sjaja i teksture pjeskarenog dijela. Pod mikroskopom pjeskarena površina jednaka je onoj prethodnog uzorka.

Na uzorku korodiranom u otopini sulfata pjeskarenjem pod tlakom 1 bar došlo je do uklanjanja površinskog sloja korozije i izbijanja nekorodiranog metala na površinu što rezultira promjenom sjaja i boje srednjeg dijela pjeskarenog područja. Pod mikroskopom se vide ravnomjerni tragovi udara čestica kao sjajne, međusobno udaljene točkice. Pod većim tlakom došlo je do intenzivnijeg matiranja uz blago hrapavljenje te do promjene boje i sjaja. Pod mikroskopom se vidi da ispjeskarena površina ima teksturu sličnu kao na prethodnim

uzorcima bronce pjeskarenima pod istim tlakom (svijetli točkasti tragovi nastali udarima abraziva).

Masa nekorodiranog uzorka se u oba pjeskarenja neznatno smanjuje. Kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida masa nakon prvog pjeskarenja raste, a nakon drugog pada, dok kod uzorka korodiranog u otopini klorovodične kiseline masa raste nakon prvog pjeskarenja i nakon toga stagnira. Nakon prvog pjeskarenja masa uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita se smanjuje, a nakon drugog pjeskarenja stagnira.

Slika 99. Bronca pjeskarena korundom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 100. Bronca pjeskarena korundom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.6.4. Mjed

Na nekorodiranoj pločici mjedi pjeskarenjem pod tlakom 1 bar nastaje neravnomjerna matirana površina koja zahvaća veći dio nepokrivene površine uzorka. Pod mikroskopom površina izgleda ujednačena. Tragovi udara čestica su međusobno udaljeni, a očituju se kao svijetla točkasta oštećenja. Nakon pjeskarenja pod tlakom 5 bara uočava se jače matiranje, odnosno hrapavljenje pjeskarene površine. Zahvaćen je gotovo cijeli nepokriveni dio. Tragovi vidljivi pod mikroskopom jednaki su kao i kod pjeskarenja pod nižim tlakom, ali veće koncentracije.

Na uzorku mjedi korodiranom u otopini natrijevog klorida pjeskarenom pod tlakom 1 bar dolazi do blagog matiranja, ali bez hrapavljenja površine, uz djelomično uklanjanje površinskog sloja, što rezultira lokalnom promjenom boje, sjaja i teksture. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi čestica abraziva u obliku svijetlih točkica, kao i na prethodnim uzorcima. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je teško raspoznatljiv pod mikroskopom zbog prisutnih produkata korozije. Pjeskarenje keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara dovodi do većeg matiranja i hrapavljenja površine, osobito na središnjem dijelu pjeskarenog područja. Uzorak se pod mikroskopom razlikuje od prethodnog samo u gustoći tragova abraziva.

Na uzorku mjedi korodiranom u otopini klorovodične kiseline prilikom pjeskarenja pod tlakom 1 bar djelomično se uklanja površinski sloj do nekorodiranog metala pa stoga dolazi do promjene boje, sjaja i teksture. Mikroskopskim pregledom vide se svijetli tragovi nastalima udarom čestica. Povećanjem tlaka na 5 bara veći dio nepokrivene površine uzorka zahvaćen je abrazivima, uklanja se dio produkata korozije na čijem mjestu je vidljiv nekorodirani mjed. Dolazi do matiranja i blagog hrapavljenja površine koja mijenja boju, sjaj i teksturu. Pjeskarena površina je pod mikroskopom jednaka površini uzorka korodiranog u natrijevom kloridu pjeskarenog pod istim tlakom.

Pjeskarenje pod manjim tlakom pločice korodirane u otopini natrijevog metabisulfita rezultira promjenom u sjaju i teksturi dijela površine zahvaćenog abrazivima uslijed uklanjanja površinskog sloja i prodiranja do nekorodiranog metala. Pod mikroskopom se vide svijetli točkasti tragovi abraziva koje se vide i na prijelazu pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod većim tlakom dolazi do intenzivnijeg matiranja uz hrapavljenje, uklanjaju se slojevi sulfata, prodire se do nekorodiranog materijala i dolazi do promjene boje, sjaja i teksture površine. Kristalizirani sulfati nisu u potpunosti uklonjeni. Sredina pjeskarenog dijela je zahvaćenija abrazivom pa je svjetlija, dok su rubni dijelovi tamniji. Mikroskopom se očituju gusti tragovi

udaraca čestica u obliku svijetlih točkica; primjećuje se da su udari malo intenzivniji u odnosu na uzorak pjeskaren pod tlakom 1 bar.

Kod prvog uzorka primjećuje se smanjenje mase nakon svakog pjeskarenja. Drugi uzorak nakon prvog pjeskarenja povećava masu, a zatim je ne mijenja. Treći prati kontinuirani porast mase. Na četvrtom uzorku masa se najprije smanjuje, a onda stagnira. Raspon promjena mase je od 0,01 g do 0,04 g.

Slika 101. Mjed pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



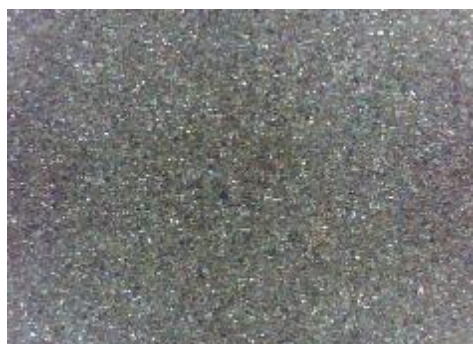
*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 102. Mjed pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.6.5. Cink

Pod tlakom 1 bar ispjeskarena površina nekorodiranog uzorka cinka postaje nejednoliko matirana bez hrapavljenja. Utjecaj abraziva slabi prema rubovima pjeskarenog područja. Pod mikroskopom površina izgleda ujednačena, a tragovi udara čestica su vidljivi kao svijetle točkice. Na prijelazu su tragovi udaraca jasno vidljivi. Pod tlakom 5 bara postiže se veća hrapavost, odnosno matiranje, a zahvaćena je cijela nepokrivena površina. Udari čestica su gušći, a stvaraju teksturu sličnu kod pjeskarenja pod nižim tlakom.

Pjeskarenjem pod nižim tlakom uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida djelomično je uklonjen površinski sloj kloridnih soli te mjestimično prodire nekorodirani metal, a nepokrivena površina postaje tamnija. Na mikroskopskoj snimci tragovi abraziva se miješaju s produktima korozije pa ih je teško razlikovati. Pjeskarenjem pod višim tlakom uklonjen je veći dio površinskih soli te se dopire do nekorodiranog metala koji je matiran. Pod mikroskopom se uočavaju tragovi udara abraziva koji su prisutni, slično kao kod nekorodiranog uzorka, u vidu svijetlih, točkastih oštećenja gusto raspoređenih po pjeskarenoj površini.

Na pločici cinka korodiranoj u otopini klorovodične kiseline pjeskarenjem pod tlakom 1 bar došlo je do djelomičnog uklanjanja produkata korozije, a na sredini pjeskarenog područja i do prodiranja nekorodiranog metala. Pod mikroskopom je vidljivo da se na ispjeskarenom dijelu postiže isti efekt kao i na nekorodiranom uzorku pjeskarenom pod istim tlakom, a prijelaz je teže raspoznatljiv zbog produkata korozije. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je do većeg oštećivanja ionako nagrižene površine; zahvaćena je gotovo cijela nepokrivena površina i uklonjeni su produkti korozije. Na pjeskarenom dijelu pod mikroskopom vide se tragovi udara čestica kao svijetla točkasta oštećenja gusto raspoređena po pjeskarenom dijelu, s jasnim prijelazom između dviju površina.

Na površini uzorka korodiranog u natrijevom metabisulfitu pjeskarenjem pod tlakom 1 bar djelomično je uklonjen površinski sloj produkata korozije i kristalizirane soli. Pjeskarena površina je za nijansu tamnija, osim na sredini gdje dolazi do izbijanja nekorodiranog metala. Pod mikroskopom se uočava gotovo ista površina kao na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida, pjeskarenog pod istim tlakom. Pod većim tlakom dolazi do intenzivnijeg uklanjanja produkata korozije na većem području na kojem izbija nekorodirani metal. Na rubnom dijelu pjeskarenog područja površina je potamnila u odnosu na nepjeskareni dio. Pod mikroskopom površina izgleda gotovo jednaka površini nekorodiranog uzorka pjeskarenog pod istim tlakom.

Mase svih uzorka se nakon prvog pjeskarenja povećavaju, a nakon drugog smanjuju, osim mase uzorka korodiranog u otopini klorovodične kiseline kod kojeg se masa nakon prvog pjeskarenja smanjuje, a nakon drugog stagnira. Promjene u masi se kreću od 0,01 g do 0,1 g.

Slika 103. Cink pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 104. Cink pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.6.6. Kositar

Na nekorodiranim pločicama kositra pjeskarenjem pod nižim tlakom dolazi do matiranja površina bez znatnog hrapavljenja, a zahvaćene su gotovo cijele nepokrivene površine. Pregled površina mikroskopom pokazuje da su površine prekrivene ravnomjerno raspoređenim tragovima udara abraziva u obliku svijetlih točkica, koji se prorjeđuju na rubovima pjeskarenog područja. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg hrapavljenja površina, tragovi udara su gusto raspoređeni, a prema rubovima se prorjeđuju.

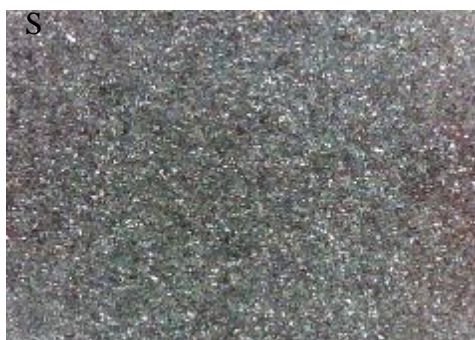
Pjeskarenjem pod tlakom 1 bar površine uzoraka korodiranih u otopini natrijevog klorida matiraju na sredini ispjeskarene površine. Pod mikroskopom su vidljiva oštećenja nastala pjeskarenjem u obliku svijetlih točkica kakve su nastale i na nekorodiranom uzorku. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg matiranja površina uzoraka, a udari čestica su jači i gušći te se očituju kao svijetle točkice.

Pjeskarenje korundom pod manjim tlakom uzoraka korodiranih u klorovodičnoj kiselini djelomično uklanja kristalizirane soli. Na 60%-tnom uzorku zahvaćen je tek mali dio nepokrivene površine, a učinak pjeskarenja je vrlo slab, dok na 75%-tnom kositru dolazi do znatnijeg uklanjanja površinskih slojeva te izbija nekorodirani metal. Pod mikroskopom su na oba uzorka vidljivi tragovi pjeskarenja koji se očituju kao svijetle točkice i udubine. Pod tlakom 5 bara primjećuju se intenzivniji rezultati pjeskarenja. Na oba je uzorka zahvaćena veća površina, dolazi do uklanjanja površinskog sloja do nekorodiranog metala, što uzrokuje promjene boje, sjaja i teksture pjeskarenih površina uzoraka. Pod mikroskopom se na oba uzorka uočavaju točkasti, gusti tragovi udara čestica.

Pjeskarenjem uzoraka korodiranih u otopini natrijevog metabisulfita pod tlakom 1 bar dolazi do djelomičnog uklanjanja kositrovih soli. Na sredini pjeskarenih površina izbija nekorodirani metal, a prema rubovima površine postaju jednolike i tamne. Na oba uzorka vidljivi su pod mikroskopom sjajni tragovi nastali udarima abraziva. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do uklanjanja površinskog sloja uz izbijanje nekorodiranog metala na površinu. Matiranje površine je izraženije nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom, a dolazi i do nešto intenzivnijeg hrapavljenja. Pod mikroskopom su na površinama vidljivi gušći tragovi pjeskarenja nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom.

Nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar mase nekorodiranih uzoraka se smanjuju, a mase preostalih uzoraka se povećavaju. Nakon drugog pjeskarenja mase svih uzoraka se smanjuju. Promjene masa kreću se od 0,01 do 0,08 g.

Slika 105. Kositar (60%) pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



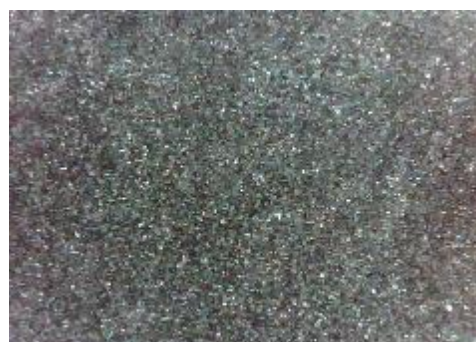
*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 106. Kositar (75%) pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 107. Kositar (60%) pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 108. Kositar (75%) pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.6.7. Olovo

Pjeskarenje nekorodiranog olova pod nižim tlakom stvara tek neznatne promjene na površini. Dolazi do blage promjene sjaja uslijed matiranja. Mikroskopskim pregledom vide se sjajni, točkasti tragovi pjeskarenja. Pod većim tlakom dolazi do većeg oštećenja, uklanja se površinski sloj i dolazi se do nekorodiranog metala. Učinak pjeskarenja izraženiji je na srednjem dijelu pjeskarene površine, a prema rubovima opada. Pod mikroskopom se vide točkasti tragovi i udubljenja nastala na sredini pjeskarene površine.

Kod uzorka korodiranog u otopini natrijeva klorida pjeskarenjem pod manjim tlakom dolazi do tamnjenja površine i promjene sjaja zbog djelomičnog uklanjanja površinskog sloja. Pod mikroskopom se vide svijetli, točkasti tragovi, slični onima na nekorodiranoj površini pjeskarenoj pod istim tlakom. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do uklanjanja velikog dijela površinskog sloja pa se jasno vidi površina nekorodiranog olova. Pod mikroskopom se vide tragovi nastali udarima čestica koji su gotovo jednaki tragovima na nekorodiranom uzorku pjeskarenom pod tlakom od 5 bara.

Na uzorku korodiranom u klorovodičnoj kiselini nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar uočava se razlika u boji pjeskarene i nepjeskarene površine. Zahvaćena je cijela nepokrivena površina; na sredini dolazi do tamnjenja, a prema rubovima do posvjetljenja u odnosu na nepjeskarenu površinu. Pod mikroskopom se primjećuju svijetli, točkasti tragovi udara čestica, a prijelaz se ne može raspoznati. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara uklanja se veći dio površinskog sloja, dolazi do hrapavljenja površine, a pjeskarena površina je tamnija. Pod mikroskopom se zapaža jednaka tekstura površine kao i kod prethodnih uzoraka pjeskarenih pod istim tlakom.

Pločica korodirana u otopini natrijevog metabisulfita pjeskarena pod tlakom 1 bar je na pjeskarenom dijelu potamnila uslijed djelomičnog uklanjanja površinskog sloja. Pjeskarenjem pod višim tlakom uklanja se veliki dio produkata korozije, a nastaju i veća oštećenja površine. Pod mikroskopom nema značajnijih razlika između uzoraka olova korodiranih u različitim otopinama pjeskarenim pod jednakim tlakom.

Nakon pjeskarenja pod nižim tlakom masa prvog uzorka se smanjila, a mase preostalih uzoraka su se povećale. Nakon drugog pjeskarenja dolazi do smanjenja masa svih uzoraka olova. Raspon promjene masa iznosi od 0,02 g do 0,2 g.

Slika 109. Olovo pjeskareno korundom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 110. Olovo pjeskareno korundom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.7. Sačma

6.7.1. Aluminiј

Pjeskarenjem nekorodiranog aluminiја pod tlakom 1 bar sredina pjeskarene površine postaje neravnomjerno matirana, a prema rubnom dijelu se intenzitet matiranja smanjuje i tvori blagi prijelaz. Pod mikroskopom je vidljiva površina sa svijetlim mrljama i točkastim tragovima abraziva, a razlika između sredine i rubnog dijela je neznatna. Pjeskarenjem pod tlakom od 5 bara dolazi do intenziviranja matiranja te je zahvaćena veća površina. Pod mikroskopom se uočavaju intenzivniji i raznolikiji tragovi nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom. Prema rubu utjecaj abraziva slabi.

Na uzorku aluminiја korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod tlakom 1 bar djelomično se uklanja površinski sloj do nekorodiranog metala pa stoga dolazi do promjene boje, sjaja i teksture. Pod mikroskopom površina izgleda gotovo jednaka površini nekorodiranog uzorka pri pjeskarenju pod nižim tlakom. Razlika se primjećuje na prijelazu koji se na korodiranom uzorku slabije vidi zbog produkata korozije na nepjeskarenom dijelu. Rezultat pjeskarenja pod tlakom 5 bara intenzivniji je od rezultata postignutog manjim tlakom. Zahvaćena je veća površina na kojoj je uklonjen gotovo cijeli površinski sloj pa je vidljiv nekorodirani metal. Površina je jače matirana uz blago hrapavljenje. Utjecaj abraziva je jači na sredini nego na rubnim dijelovima pjeskarenog područja. Pod mikroskopom površina izgleda gotovo jednaka površini nekorodiranog uzorka pri pjeskarenju pod istim tlakom.

Utjecaj pjeskarenja aluminiја korodiranog u otopini klorovodične kiseline pod nižim tlakom vidljiv je tek na manjem dijelu pjeskarene površine, gdje je djelomično uklonjen površinski sloj aluminijevih soli, tako da prodire nekorodirani materijal, što rezultira slabom promjenom boje i sjaja, odnosno matiranjem. Pod mikroskopom sredina pjeskarene površine izgleda gotovo jednaka površini nekorodiranog uzorka pri pjeskarenju pod tlakom 1 bar. Prijelaz je slabije uočljiv zbog produkata korozije koji teksturu nepjeskarene površine čine sličnijom teksturi pjeskarene površine, nego što je slučaj na nekorodiranom uzorku. Pod višim tlakom došlo je do uklanjanja znatne količine produkata korozije na većoj površini te promjene boje, teksture i sjaja. Na rubnim dijelovima pločice još je vidljiva tekstura uzorka kakva je bila prije pjeskarenja. Pod mikroskopom se uočavaju gotovo jednaki tragovi kao i kod pjeskarenja prethodnog uzorka pod istim tlakom.

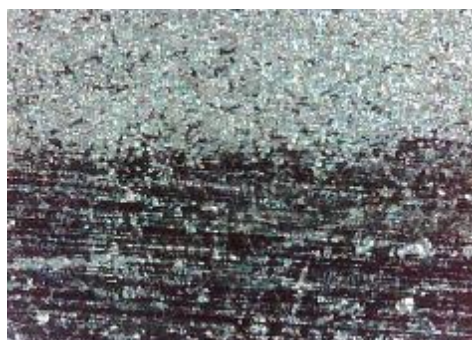
Kod uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita rezultati pjeskarenja su slični pjeskarenju nekorodiranog aluminijskog. Pjeskarenjem pod tlakom 1 bar površina postaje neravnomjerno matirana, a zahvaćena je veća površina nepokrivenog dijela pločice. Vizualnim pregledom uočava se razlika u intenzitetu matiranja između sredine i rubnog dijela pjeskarene površine, s blagim prijelazom između pjeskarene i nepjeskarene površine. Kod pjeskarenja pod većim tlakom pjeskarena površina je intenzivnije matirana, a pod mikroskopom pjeskarena površina izgleda gotovo jednaka površini nekorodiranog uzorka pri pjeskarenju pod istim tlakom.

Nakon prvog pjeskarenja masa nekorodiranog uzorka se smanjuje, a mase ostalih uzorka se povećavaju. Nakon drugog pjeskarenja mase svih uzoraka se povećavaju, osim kod posljednjeg uzorka kojemu masa stagnira. Promjene mase su neznatne - od 0,01 g do 0,06 g.

Slika 111. Aluminij pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*

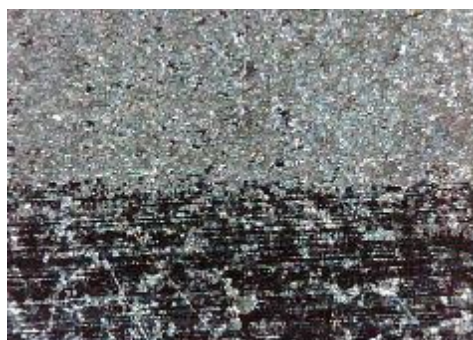


*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 112. Aluminij pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.7.2. Bakar

Pjeskarenjem uzorka nekorodiranog bakra pod tlakom 1 bar površina matira. Abrazivom nije zahvaćena cijela nepokrivena površina. Sredina pjeskarene površine jače je matirana nego rubni dio, a prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je blag. Pod mikroskopom se tragovi udara čestica vide kao sjajne točkice na crvenkastoj površini, s jasnim prijelazom između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara postiže se veće matiranje površine uz blago hrapavljenje. Zahvaćena je veća površina, a na sredini pjeskarene površine izraženije je djelovanje abraziva. Mikroskopom se uočavaju gušći tragovi udara čestica o površinu koji uzrokuju nešto veća oštećenja nego kod pjeskarenja pod manjim tlakom.

Na uzorku bakra korodiranog u otopini natrijevog klorida pjeskarenjem pod manjim tlakom dolazi do djelomičnog uklanjanja produkata korozije do nekorodiranog metala na sredini pjeskarene površine, a prema rubovima dolazi do posvjetljenja i ujednačavanja teksture u odnosu na nepjeskarenu površinu. Pod mikroskopom se na sredini pjeskarene površine vide svijetli tragovi udara abraziva te crvene mrlje nekorodiranog i tamne mrlje korodiranog metala. Na prijelazu se tragovi uočavaju na korodiranoj površini koja se i po boji razlikuje od nepjeskarenog, korodiranog područja. Pod većim tlakom postiže se sličan rezultat, ali većeg opsega: sloj klorida je uklonjen s većeg dijela površine te izbija nekorodirani metal koji je, uz blago hrapavljenje, matiran, a na rubovima su preostali tragovi korozije posvijetlili. Tragovi abraziva slični su onima na nekorodiranom bakru pjeskarenom pod istim tlakom.

Na pločici bakra korodiranoj u klorovodičnoj kiselini nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar dolazi do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja i izbijanja nekorodiranog metala na sredini pjeskarenog područja što rezultira razlikom u boji, sjaju i teksturi površine. Pod mikroskopom su vidljivi sjajni, gusto raspoređeni tragovi abraziva koji se prorjeđuju na prijelazu između pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod tlakom 5 bara uočava se uklanjanje površinskog sloja do nekorodiranog metala na sredini pjeskarene površine. Rubni dio je manje zahvaćen abrazivima, ali je ipak uklonjen dio produkata korozije, što je rezultiralo posvjetljenjem površine. Pod mikroskopom se tragovi abraziva očituju kao svijetle točkice na crvenoj površini.

Pri pjeskarenju uzorka bakra korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita pod tlakom 1 bar dolazi do uklanjanja veće količine produkata korozije na sredini pjeskarenog područja. Na rubnom dijelu su se zadržali kristalizirani bakrovi sulfati. Pod mikroskopom se uočavaju sjajni točkasti tragovi pjeskarenja, a na prijelazu se uočavaju različite boje pjeskarene (crveni

nekorodirani bakar) i nepjeskarene (zelenkasti bakrovi sulfati) površine. Pjeskarenjem pod većim tlakom pjeskarena površina matira te je svjetlija od nepjeskarene površine. Dolazi do uklanjanja produkata korozije na sredini i djelomičnog uklanjanja prema rubovima pjeskarenog dijela. Na mikroskopskoj snimci vidljivi su gusti, svijetli, točkasti tragovi na crvenoj jednolikoj površini. Prijelaz je jasno vidljiv i golim okom i mikroskopom.

Prilikom pjeskarenja pod manjim tlakom povećavaju se mase svih korodiranih uzoraka, osim mase nekorodiranog uzorka koja se smanjuje. Nakon pjeskarenja pod većim tlakom prvom uzorku masa stagnira, drugom i trećem uzorku se masa malo povećava, a kod četvrtog uzorka dolazi do smanjenja mase. Promjene masa se kreću od 0,01 g do 0,08 g.

Slika 113. Bakar pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*

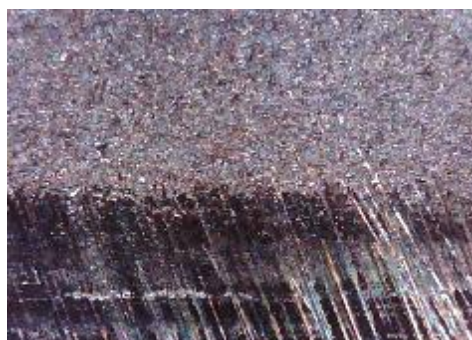


*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 114. Bakar pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bar:



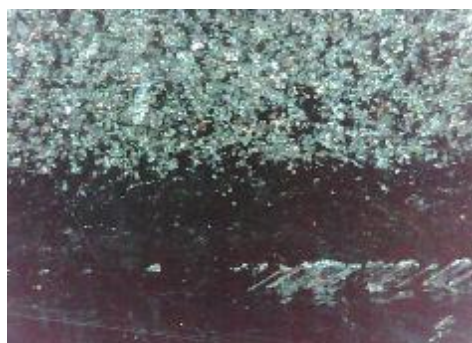
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



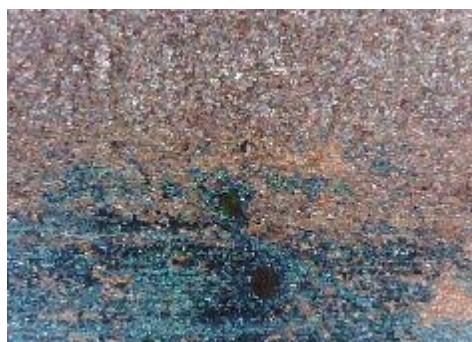
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.7.3. Bronca

Na nekorodiranom uzorku bronce pod niskim tlakom na sredini pjeskarenog dijela ostaje matirana površina čiji efekt prema rubovima slabi. Pod mikroskopom se vide ravnomjerni, svijetli, točkasti tragovi udara čestica. Pod većim tlakom dolazi do jačeg matiranja površine koje zahvaća veći dio nepokrivenog područja, a uzrokuje promjenu boje, sjaja i teksture. Pod mikroskopom su vidljivi gusti, svijetli, točkasti tragovi nastali jačim udarima čestica o površinu, a tvore vidljivu granicu između pjeskarene i nepjeskarene površine.

Na uzorku korodiranom u otopini natrijevog klorida došlo je do djelomičnog uklanjanja površinskog sloja klorida, uz blagu promjenu boje i sjaja, a uz vrlo malu promjenu teksture. Pod mikroskopom se vide točkasti tragovi slični onima na uzorku nekorodiranog metala. Pjeskarenjem pod većim tlakom uklonjen je veći dio površinske korozije do nekorodiranog metala na sredini pjeskarenog dijela što je rezultiralo promjenom boje, sjaja, a djelomično i teksture. Pod mikroskopom su uočljiviji gušći tragovi abraziva u obliku svijetlih točkica na podlozi različitih boja oštećenoj korozijom, ovisno o koroziji prisutnoj na površini.

Pjeskarenje uzorka bronce korodiranog u otopini klorovodične kiseline pod nižim tlakom rezultira matiranjem na sredini pjeskarenog dijela uz probijanje nekorodiranog metala na površinu. Pod mikroskopom se, kao i na prethodnim uzorcima, vide svijetli točkasti tragovi. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je do jačeg uklanjanja površinskog sloja korozije pa stoga i do izbijanja nekorodiranog metala na površinu što rezultira promjenom boje, sjaja i teksture. Pod mikroskopom pjeskarena površina slična je onoj prethodnog uzorka pjeskarenog pod istim tlakom.

Na uzorku korodiranom u otopini sulfata pjeskarenjem pod tlakom 1 bar došlo je do uklanjanja površinskog sloja korozije i izbijanja nekorodiranog metala na površinu što rezultira promjenom sjaja i boje srednjeg dijela pjeskarenog područja. Pod mikroskopom se vide tragovi udara čestica kao sjajne, međusobno udaljene točkice. Pod većim tlakom došlo je do intenzivnijeg matiranja uz blago hrapavljenje te promjene boje i sjaja. Pod mikroskopom se vidi da ispjeskarena površina ima teksturu sličnu kao na prethodnim uzorcima bronce pjeskarenima pod istim tlakom.

Masa nekorodiranog uzorka u oba pjeskarenja stagnira. Kod uzoraka korodiranih u otopini natrijevog klorida i u otopini klorovodične kiseline mase nakon svakog pjeskarenja rastu. Nakon oba pjeskarenja masa uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita se smanjuje.

Slika 115. Bronca pjeskarena sačmom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 116. Bronca pjeskarena sačmom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.7.4. Mjed

Na nekorodiranoj pločici mjedi pjeskarenjem pod tlakom 1 bar nastaje neravnomjerna matirana površina koja zahvaća veći dio nepokrivene površine uzorka. Pod mikroskopom površina izgleda ujednačena, tragovi udara čestica abraziva su međusobno udaljeni, a očituju se kao svijetla točkasta oštećenja. Nakon pjeskarenja pod tlakom 5 bara uočava se jače matiranje, osobito na sredini pjeskarene površine. Zahvaćen je gotovo cijeli nepokriveni dio. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi jednako kao i kod pjeskarenja pod nižim tlakom, samo veće koncentracije i intenziteta.

Na uzorku mjedi korodiranom u otopini natrijevog klorida, pjeskarenim pod tlakom 1 bar dolazi do blagog matiranja površine, uz djelomično uklanjanje površinskog sloja, što rezultira lokalnom promjenom boje, sjaja i teksture. Pod mikroskopom su vidljivi tragovi čestica abraziva u obliku svijetlih točkica koje su rjeđe raspoređene nego na nekorodiranom uzorku pjeskarenom pod istim tlakom. Prijelaz između pjeskarene i nepjeskarene površine je teško raspoznatljiv pod mikroskopom zbog prisutnih produkata korozije. Pjeskarenje pod tlakom 5 bara dovodi do većeg matiranja površine, osobito na središnjem dijelu pjeskarenog područja. Uzorak je pod mikroskopom jako sličan nekorodiranom uzorku pjeskarenom pod istim tlakom.

Na uzorku mjedi korodiranom u otopini klorovodične kiseline prilikom pjeskarenja pod tlakom 1 bar djelomično se uklanja površinski sloj do nekorodiranog metala pa stoga dolazi do promjene boje, sjaja i teksture. Mikroskopskim pregledom vide se svijetli tragovi slični onima na prethodnom uzorku. Povećanjem tlaka na 5 bara veći dio nepokrivene površine uzorka je zahvaćen abrazivima, uklanja se dio produkata korozije na čijem mjestu je vidljiv nekorodirani mjed. Dolazi do matiranja i blagog hrapavljenja površine koja mijenja boju, sjaj i teksturu. Površina je pod mikroskopom jednaka površini uzorka korodiranog u natrijevom kloridu pjeskarenog pod istim tlakom.

Pjeskarenje pod manjim tlakom pločice korodirane u otopini natrijevog metabisulfita rezultira promjenom u sjaju i teksturi dijela površine zahvaćenog abrazivima uslijed uklanjanja površinskog sloja i prodiranja do nekorodiranog metala. Pod mikroskopom se vide svijetli točkasti tragovi abraziva koji tvore prilično intenzivno oštećenje, a isto se vidi i na prijelazu pjeskarene i nepjeskarene površine. Pod većim tlakom dolazi do intenzivnijeg matiranja uz hrapavljenje, uklanjaju se slojevi sulfata, prodire se do nekorodiranog materijala te dolazi do promjene boje, sjaja i teksture površine. Kristalizirani sulfati nisu u potpunosti uklonjeni. Sredina pjeskarenog dijela je zahvaćenija abrazivom pa je svjetlija, dok su rubni dijelovi

tamniji. Mikroskopom se očituju gusti tragovi udaraca čestica u obliku svijetlih točkica; primjećuje se da su udari intenzivniji u odnosu na uzorak pjeskaren pod tlakom 1 bar.

Kod prvog i posljednjeg uzorka primjećuje se smanjenje mase nakon prvog pjeskarenja, a nakon drugog pjeskarenja porast, odnosno stagnacija mase. Drugi i treći uzorak nakon oba pjeskarenja prati porast mase. Raspon promjena mase je od 0,01 g do 0,04 g.

Slika 117. Mjed pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



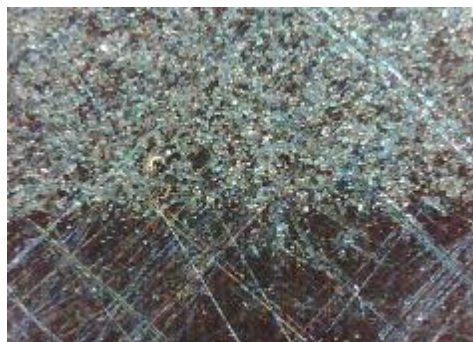
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 118. Mjed pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bara:



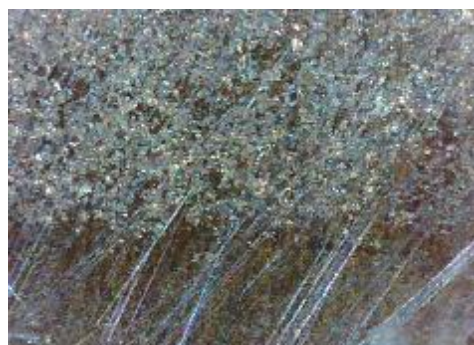
a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.7.5. Cink

Pod tlakom 1 bar ispjeskarena površina nekorodiranog uzorka cinka na sredini pjeskarenog područja postaje nejednoliko matirana, a utjecaj abraziva slabi prema rubovima pjeskarenog područja. Pod mikroskopom tragovi abraziva su vidljivi kao svijetle točkice. Na prijelazu su tragovi udaraca jasno vidljivi. Pod tlakom 5 bara postiže se veća hrapavost, odnosno matiranje, a zahvaćena je cijela nepokrivena površina. Udari čestica su gušći te ostavljaju dublje tragove nego pod nižim tlakom.

Pjeskarenjem pod nižim tlakom uzorka korodiranog u otopini natrijevog klorida djelomično je uklonjen površinski sloj kloridnih soli. Ispjeskarena površina je ujednačena, a na sredini dolazi do mjestimičnog prodiranja nekorodiranog metala. Mikroskopskim pregledom tragovi abraziva se miješaju sa svijetlim mrljama produkata korozije pa ih je teško razlikovati. Pjeskarenjem pod višim tlakom uklonjen je veći dio površinskih soli te se na sredini pjeskarene površine dolazi do nekorodiranog metala koji je matiran. Prema rubnom dijelu produkti korozije nisu uklonjeni, ali je cijela površina promijenila boju, tj. potamnila je. Pod mikroskopom se uočavaju tragovi udara abraziva koji su prisutni u vidu svijetlih, točkastih, gusto raspoređenih tragova, slično kao kod nekorodiranog uzorka.

Na pločici cinka korodiranoj u otopini klorovodične kiseline pjeskarenjem pod tlakom 1 bar došlo je do oštećenja rubova, djelomičnog uklanjanja produkata korozije, a na sredini pjeskarenog područja i do prodiranja nekorodiranog metala. Pod mikroskopom se ispjeskarena površina vrlo malo razlikuje od prethodnih uzoraka cinka pjeskarenih pod istim tlakom, a prijelaz je teže raspoznatljiv zbog produkata korozije. Kod pjeskarenja pod tlakom 5 bara došlo je do uklanjanja površinskog sloja korozije do nekorodiranog metala i većeg oštećivanja površine. Zahvaćen je veliki dio nepokrivene površine. Na pjeskarenom dijelu pod mikroskopom se vide tragovi udara čestica na korozijom oštećenu podlogu što stvara teksturu koja se donekle razlikuje od ostalih površina cinka pjeskarenih pod 5 bara. Prijelaz između dviju površina je vidljiv zbog sloja korozije koja se u tragovima zadržala na granici.

Na površini uzorka korodiranog u natrijevom metabisulfitu pjeskarenjem pod nižim tlakom djelomično je uklonjen površinski sloj produkata korozije i kristalizirane soli na sredini pjeskarenog dijela te je došlo do blage promjene sjaja, dok su boja i tekstura ostale gotovo neizmijenjene. Vizualnim pregledom utjecaj pjeskarenja se jedva zapaža. Pod mikroskopom je nemoguće izdvojiti tragove pjeskarenja od produkata korozije. Pod većim tlakom intenzivnije se uklanjaju produkti korozije do čistog metala. Na rubnom dijelu pjeskarenog područja površina je potamnila u odnosu na nepjeskareni dio. Pod mikroskopom se razaznaju

ispjeskarena površina čistog metala i korodirani površinski sloj, ali nije moguće zamijetiti tragove abraziva zbog oštećenja nastalih korozijom.

Masa prvog uzorka se nakon prvog pjeskarenja ne mijenja, a nakon drugog se povećava. Kod drugog uzorka masa se nakon prvog pjeskarenja povećava, a zatim nakon drugog stagnira. Kod trećeg i četvrtog uzorka dolazi do smanjenja mase nakon svakog pjeskarenja. Promjene u masi kreću se od 0,01 g do 0,06 g.

Slika 119. Cink pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 120. Cink pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



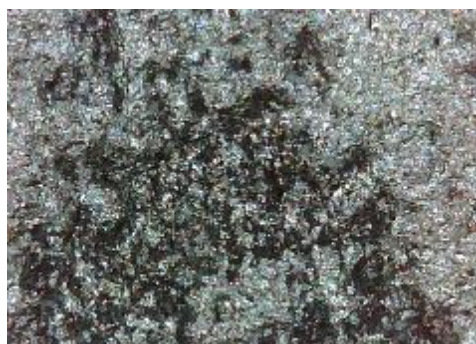
*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



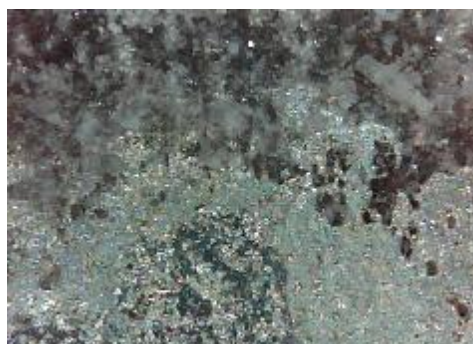
*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.7.6. Kositar

Pjeskarenjem pod nižim tlakom na nekorodiranim pločicama kositra dolazi do matiranja površina, a zahvaćene su gotovo cijele nepokrivene površine. Učinak pjeskarenja je izraženiji na sredini pjeskarene površine, a prema rubovima slabi. Pregled površina pod mikroskopom pokazuje da su površine prekrivene tragovima udara abraziva u obliku svijetlih točkica. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg hrapavljenja površine, zahvaćena je veća površina, a tragovi udara su neravnomjerni, gusto raspoređeni i intenzivniji.

Pjeskarenjem pod tlakom 1 bar površina uzoraka korodiranih u otopini natrijevog klorida matiraju na sredini ispjeskarene površine, pri tom uklanjajući površinski sloj klorida. Pod mikroskopom su vidljiva oštećenja nastala pjeskarenjem u obliku svijetlih točkica kakve su nastale i na nekorodiranom uzorku. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do većeg hrapavljenja površina uzoraka, a udari čestica su jači i gušći te se očituju kao svijetle točkice, slično kao kod prethodnog uzorka pjeskarenog pod istim tlakom.

Pjeskarenje sačmom pod manjim tlakom uzoraka korodiranih u klorovodičnoj kiselini ima sličan efekt kao pjeskarenje korundom pod istim tlakom: djelomično uklanja kristalizirane soli, blago matira površinu na kojoj dolazi do slabe promjene boje i teksture. Pod mikroskopom su na oba uzorka vidljivi tragovi pjeskarenja koji se očituju kao svijetle točkice i udubine, jednako kao i kod nekorodiranih uzoraka. Pod tlakom 5 bara primjećuju se intenzivniji rezultati pjeskarenja. Zahvaćena je veća površina na oba uzorka, dolazi do uklanjanja površinskog sloja do nekorodiranog metala, što uzrokuje promjene boje, sjaja i teksture pjeskarenih površina uzoraka. Pod mikroskopom se na oba uzorka uočavaju točkasti, gusti tragovi udara čestica jednaki onima na nekorodiranim uzorcima pjeskarenima pod istim tlakom.

Pjeskarenjem uzoraka korodiranih u otopini natrijevog metabisulfita pod tlakom 1 bar dolazi do djelomičnog uklanjanja kositrovih soli. Na sredini pjeskarenih površina izbija nekorodirani metal, a prema rubovima površine postaju jednolike i tamne. Tragove nastale udarima abraziva na 60%-tnom uzorku nije moguće sa sigurnošću razaznati od produkata korozije, a na 75%-tnom uzorku se očituju kao sjajne, svijetle mrlje. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara dolazi do znatnog uklanjanja površinskog sloja uz izbijanje nekorodiranog metala na površinu. Matiranje sredine pjeskarene površine je izraženije nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom. Pod mikroskopom na površinama su vidljivi slični, ali gušći tragovi pjeskarenja nego kod pjeskarenja pod nižim tlakom.

Nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar mase nekorodiranog uzorka i uzorka korodiranog u otopini klorovodične kiseline (60%-tnog kositra) se smanjuju. Mase svih preostalih uzoraka se povećavaju. Nakon drugog pjeskarenja masa nekorodiranog 60%-tnog kositra stagnira, mase uzoraka 75%-tnog kositra korodiranih u otopinama klorovodične kiseline i natrijevog metabisulfitu se smanjuju, a mase preostalih uzoraka se povećavaju. Promjene masa kreću se od 0,01 do 0,45 g.

Slika 121. Kositar (60%) pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 122. Kositar (75%) pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 123. Kositar (60%) pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 124. Kositar (75%) pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

6.7.7. Olovo

Pjeskarenjem nekorodiranog olova pod nižim tlakom dolazi do blage promjene sjaja uslijed uklanjanja površinskog sloja do nekorodiranog metala. Mikroskopskim pregledom vide se sjajni, točkasti tragovi pjeskarenja. Pod većim tlakom dolazi do većeg oštećenja, uklanja se površinski sloj i dolazi se do nekorodiranog metala. Učinak pjeskarenja izraženiji je na srednjem dijelu pjeskarene površine, a na rubovima se očituje u blagoj promjeni boje. Pod mikroskopom se vide intenzivniji, točkasti tragovi i udubljenja nastala na sredini pjeskarene površine.

Kod uzorka korodiranog u otopini natrijeva klorida pjeskarenjem pod manjim tlakom dolazi do uklanjanja površinskog sloja do nekorodiranog metala te do tamnjenja površine i promjene sjaja prema rubovima pjeskarenog područja. Pod mikroskopom površina izgleda gotovo jednaka onoj na nekorodiranom uzorku pjeskarenom pod istim tlakom. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara postiže se učinak sličan onom pri pjeskarenju pod nižim tlakom, ali malo intenzivniji. Pod mikroskopom se vide tragovi nastali udarima čestica koji su gotovo jednaki tragovima na nekorodiranom uzorku pjeskarenom pod tlakom od 5 bara.

Na uzorku korodiranom u klorovodičnoj kiselini uočava se razlika u boji pjeskarene i nepjeskarene površine nakon pjeskarenja pod tlakom 1 bar, slično kao kod pjeskarenja uzorka korodiranog u otopini klorovodične kiseline. Zahvaćena je cijela nepokrivena površina; na sredini dolazi do tamnjenja, a prema rubovima do posvjetljenja u odnosu na nepjeskarenu površinu. Pod mikroskopom se primjećuju svijetli, točkasti tragovi udara čestica, a prijelaz je teško raspoznatljiv. Pjeskarenjem pod tlakom 5 bara uklanja se veći dio površinskog sloja do nekorodiranog metala oko kojeg ostaje tamni prsten iz kojeg se prema rubovima pločice širi svijetlo, abrazivima zahvaćeno, područje ispjeskarene površine. Pod mikroskopom se zapaža jednaka tekstura površine kao i kod prethodnih uzoraka pjeskarenih pod istim tlakom.

Pločica korodirana u otopini natrijevog metabisulfita pjeskarena pod tlakom 1 bar je na pjeskarenom dijelu potamnila, osim na sredini pjeskarene površine, gdje se došlo do nekorodiranog metala. Pjeskarenjem pod višim tlakom uklonjen je veliki dio produkata korozije, a nastaju i veća oštećenja površine. Pod mikroskopom nema značajnijih razlika između uzoraka olova korodiranih u različitim otopinama pjeskarenim pod jednakim tlakom.

Nakon pjeskarenja pod nižim tlakom mase prvog i trećeg uzorka su se smanjile, a mase preostalih uzoraka su se povećale. Nakon drugog pjeskarenja dolazi do stagniranja masa nekorodiranog uzorka i uzorka korodiranog u otopini natrijevog metabisulfita, masa uzorka

korodiranog u otopini natrijevog klorida se povećava, a masa natrijevog metabisulfita. Raspon promjene masa iznosi od 0,01 g do 0,08 g.

Slika 125. Olovo pjeskareno sačmom pod tlakom 1 bar:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

Slika 126. Olovo pjeskareno sačmom pod tlakom 5 bara:



a) nekorodirani uzorak, sredina



b) nekorodirani uzorak, prijelaz



*c) uzorak korodiran u otopini
NaCl sredina*



*d) uzorak korodiran u otopini
NaCl, prijelaz*



*e) uzorak korodiran u otopini
HCl, sredina*



*f) uzorak korodiran u otopini
HCl, prijelaz*



*g) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, sredina*



*h) uzorak korodiran u otopini
Na₂S₂O₅, prijelaz*

7. ZAKLJUČAK

U konzervaciji-restauraciji pjeskarenje, kao proces mehaničkog čišćenja, treba koristiti vrlo oprezno jer inače može dovesti do znatnih oštećenja tretirane površine.

Ovaj rad istražuje utjecaj abraziva u procesu pjeskarenja na površine različitih metala. U istraživanju su usporedno korišteni nekorodirani metali i isti metali korodirani u različitim otopinama tako da kao produkti korozije nastaju kloridne i sulfatne soli. Kod nekih metala sloj koji nastaje kao produkt korozije tvori kompaktnu površinsku zaštitu – patinu te se ne bi smio uklanjati, a neki metali uslijed korozije propadaju.

Cilj istraživanja je utvrditi kakav učinak abrazivi imaju na površine obojenih metala kako bi se, s obzirom na svojstva abraziva i metala, olakšao optimalan odabir za buduće konzervatorsko-restauratorske zahvate. Pjeskarenje u konzervatorsko-restauratorskoj struci je najzastupljenije u konzervaciji-restauraciji kamena, dok se u zahvatima na ostalim materijalima, pa tako i na metalnim predmetima manje koristi. S obzirom na velike mogućnosti prilagodbe ove metode mehaničkog čišćenja potrebama zahvata, njena zastupljenost u struci bi se mogla povećati, ukoliko bi se kvalitetnije proučio raspon mogućnosti koje pjeskarenje pruža.

Bronca i mjed su najtvrdi metali korišteni u ovom istraživanju, a slijede bakar i aluminij te cink, kositar (60% i 75%) i olovo. Na tvrdim metalima utjecaj abraziva je, očekivano, slabije izražen nego na mekšim metalima pa tako već pri tlaku 1 bar na mekšim metalima može doći do oštećivanja površine, dok se u istim uvjetima na tvrdem metalu jedva naziru tragovi pjeskarenja. Prema tome, na nekorodiranim uzorcima kositra i olova promjene površine su uočljive nakon svakog pjeskarenja jer su metali mekši od abraziva kojima su tretirani. Na uzorcima bronce tragovi variraju ovisno o tvrdoći abraziva: pjeskarenje mekšim abrazivima ili ne ostavlja trag ili rezultira ravnomjernom promjenom boje, dok pjeskarenje tvrdim abrazivima dovodi i do blagog matiranja površine. Osim tvrdoće metala potrebno je uzeti u obzir i stanje površine, tj. sloj produkata korozije i njegova svojstva, kao što su kompaktnost, tvrdoća i debljina. S obzirom na kratak period korodiranja uzoraka produkti korozije kod većine metala tvore tek veoma tanki površinski sloj. Ipak, primjećuje se utjecaj površinskog sloja korozije na učinak pjeskarenja: na mnogim uzorcima prilikom pjeskarenja pod tlakom 1 bar površinski sloj nije ni oštećen ili je uklonjen u zanemarivo maloj količini. Pod tlakom 5 bara povećava se učinak abraziva: na većini uzoraka tvrdih metala nastaju oštećenja od udara

čestica, na onima mekših metala dolazi do intenziviranja tragova pjeskarenja, a na korodiranim uzorcima uglavnom dolazi do barem djelomičnog uklanjanja površinskog sloja korozije.

U istraživanju su korišteni sljedeći abrazivi: orahova ljuska, soda bikarbona, staklene kuglice, kvarc, smeđi korund i sačma. Tvrdća abraziva po Mohsovoj ljestvici iznosi od 2,5 do 9, a veličine čestica od 40 μm do 0,8 mm.

Orahova ljuska i soda bikarbona su najmekši abrazivi pa prema tome imaju i najblaži utjecaj na uzorke, osobito tvrdih metala. Orahova ljuska ima veće čestice nego soda bikarbona što se pod mikroskopom primjećuje po rupičastim oštećenjima nastalima pjeskarenjem, dok pjeskarenje sodom bikarbonom rezultira matiranjem, ujednačenijom površinom. Kod pjeskarenja sodom bikarbonom treba pripaziti na čestice zaostale na površini koje mogu dovesti do kemijske reakcije. Naime, na pločicama mjedi, bakra i bronce koje su nakon pjeskarenja sodom bikarbonom ostavljene na zraku, došlo je do tamnjenja ispjeskarene površine. Slične reakcije nisu zapažene na ostalim metalima.

Staklene i keramičke kuglice stvaraju matirani efekt na površini metala, bez znatnog hrapavljenja površine. Uglavnom ne uklanjaju ili slabo uklanjaju površinsku koroziju. Zahvaćaju veću površinu koju ravnomjerno matiraju i ujednačavaju površine koje su nagrižene korozijom, što ih čini dobrim izborom za završnu obradu ili kod ujednačavanja rekonstruiranih dijelova.

Smeđi korund male granulacije postiže sličan efekt kao staklene i keramičke kuglice – matira površine bez hrapavljenja ili uz veoma slabo hrapavljenje. Za razliku od prethodna dva abraziva ne zahvaća cijelu površinu i ne matira je onoliko ravnomjerno te uklanja produkte korozije s površine, a da pri tome, zahvaljujući finoj granulaciji, ne oštećuje znatno površinu. Sačma ima sličan učinak kao smeđi korund, ali zbog veće granulacije više oštećuje površinu što se pod mikroskopom opaža kao rupičasta tekstura.

Kvarcni pijesak ima najveću i najneravnomjerniju granulaciju. Iako je po tvrdoći najbliži staklenim i keramičkim kuglicama, s obzirom na veličinu čestica jako hrapavi površinu i ostavlja neravnomjerna oštećenja. Sloj produkata korozije uklanja već pod manjim tlakom, a pod većim se taj efekt intenzivira, kao i oštećenja koja pri tome nastaju. Pjeskarenjem kvarcnim pijeskom stvara se oblak prašine koji, ako se udahne, može imati negativne posljedice na zdravlje.

Iz navedenih zapažanja može se zaključiti da na učinak pjeskarenja mekših metala veliki utjecaj ima tlak pod kojim se predmet pjeskari kao i veličina čestica abraziva jer s obzirom na izrazito malu tvrdoću metala svaki će od navedenih abraziva ostaviti trag pa što je sila kojom čestice udaraju manja, manje će biti i oštećenje na površini. Kod tvrdih metala izbor abraziva više dolazi do izražaja nego sami tlak pod kojim se pjeskari. Različiti abrazivi imaju veliki raspon utjecaja na površinu pa mnogo toga ovisi o procjeni samih konzervatora-restauratora.

8. TABLICE

<i>Tablica 1. Kemijski sastav bronce CuSn6</i>	<i>6</i>
<i>Tablica 2. Kemijski sastav abraziva.....</i>	<i>13</i>
<i>Tablica 3. Kemijski sastav abraziva.....</i>	<i>14</i>
<i>Tablica 4. Kemijski sastav abraziva.....</i>	<i>15</i>
<i>Tablica 5. Kemijski sastav abraziva.....</i>	<i>16</i>
<i>Tablica 6. Kemijski sastav abraziva.....</i>	<i>17</i>
<i>Tablica 7. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja orahovom ljuskom</i>	<i>25</i>
<i>Tablica 8. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja sodom bikarbomom</i>	<i>26</i>
<i>Tablica 9. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja staklenim kuglicama</i>	<i>27</i>
<i>Tablica 10. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja keramičkim kuglicama.....</i>	<i>28</i>
<i>Tablica 11. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja kvarcnim pijeskom.....</i>	<i>29</i>
<i>Tablica 12. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja korundom.....</i>	<i>30</i>
<i>Tablica 13. Mase uzoraka prije i nakon pjeskarenja sačmom</i>	<i>31</i>

9. SLIKE

<i>Slika 1. Orahova ljuska</i>	<i>11</i>
<i>Slika 2. Soda bikarbona</i>	<i>12</i>
<i>Slika 3. Staklene kuglice.....</i>	<i>13</i>
<i>Slika 4. Keramičke kuglice.....</i>	<i>14</i>
<i>Slika 5. Kvarcni pijesak.....</i>	<i>15</i>
<i>Slika 6. Korund.....</i>	<i>16</i>
<i>Slika 7. Sačma</i>	<i>17</i>
<i>Slika 8. Priprema uzoraka - uzorci uglavljeni u stiroporsku podlogu.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 9. Priprema uzoraka - uzorci postavljeni u kutije.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 10. Priprema uzoraka - kutije omotane plastičnom folijom.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 11. Unutrašnjost pjeskarnika</i>	<i>22</i>
<i>Slika 12. Pjeskarnik.....</i>	<i>22</i>
<i>Slika 13. Uzorak učvršćen na stalku</i>	<i>23</i>
<i>Slika 14. Stalak.....</i>	<i>23</i>
<i>Slika 15. Aluminij pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>34</i>
<i>Slika 16. Aluminij pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>35</i>
<i>Slika 17. Bakar pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>38</i>
<i>Slika 18. Bakar pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>39</i>
<i>Slika 19. Bronca pjeskarena orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>42</i>
<i>Slika 20. Bronca pjeskarena orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>43</i>
<i>Slika 21. Mjed pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:.....</i>	<i>45</i>
<i>Slika 22. Mjed pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:.....</i>	<i>46</i>
<i>Slika 23. Cink pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>49</i>
<i>Slika 24. Cink pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>50</i>
<i>Slika 25. Kositar (60%) pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>53</i>
<i>Slika 26. Kositar (75%) pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>54</i>
<i>Slika 27. Kositar (60%) pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>55</i>
<i>Slika 28. Kositar (75%) pjeskaren orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>56</i>
<i>Slika 29. Olovo pjeskareno orahovom ljuskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>59</i>
<i>Slika 30. Olovo pjeskareno orahovom ljuskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>60</i>
<i>Slika 31. Aluminij pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>63</i>
<i>Slika 32. Aluminij pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>64</i>

<i>Slika 33. Bakar pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:</i>	67
<i>Slika 34. Bakar pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:</i>	68
<i>Slika 35. Bronca pjeskarena sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:</i>	71
<i>Slika 36. Bronca pjeskarena sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:</i>	72
<i>Slika 37. Mjed pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:</i>	75
<i>Slika 38. Mjed pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:</i>	76
<i>Slika 39. Cink pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:</i>	78
<i>Slika 40. Cink pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:</i>	79
<i>Slika 41. Kositar (60%) pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:</i>	82
<i>Slika 42. Kositar (75%) pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:</i>	83
<i>Slika 43. Kositar (60%) pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:</i>	84
<i>Slika 44. Kositar (75%) pjeskaren sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:</i>	85
<i>Slika 45. Olovo pjeskareno sodom bikarbonom pod tlakom 1 bar:</i>	87
<i>Slika 46. Olovo pjeskareno sodom bikarbonom pod tlakom 5 bara:</i>	88
<i>Slika 47. Aluminij pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	91
<i>Slika 48. Aluminij pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	92
<i>Slika 49. Bakar pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	95
<i>Slika 50. Bakar pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	96
<i>Slika 51. Bronca pjeskarena staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	99
<i>Slika 52. Bronca pjeskarena staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	100
<i>Slika 53. Mjed pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	103
<i>Slika 54. Mjed pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	104
<i>Slika 55. Cink pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	107
<i>Slika 56. Cink pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	108
<i>Slika 57. Kositar (60%) pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	111
<i>Slika 58. Kositar (75%) pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	112
<i>Slika 59. Kositar (60%) pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	113
<i>Slika 60. Kositar (75%) pjeskaren staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	114
<i>Slika 61. Olovo pjeskareno staklenim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	117
<i>Slika 62. Olovo pjeskareno staklenim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	118
<i>Slika 63. Aluminij pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	121
<i>Slika 64. Aluminij pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	122
<i>Slika 65. Bakar pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	125
<i>Slika 66. Bakar pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	126

<i>Slika 67. Bronca pjeskarena keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	<i>129</i>
<i>Slika 68. Bronca pjeskarena keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	<i>130</i>
<i>Slika 69. Mjed pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	<i>133</i>
<i>Slika 70. Mjed pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	<i>134</i>
<i>Slika 71. Cink pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	<i>137</i>
<i>Slika 72. Cink pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	<i>138</i>
<i>Slika 73. Kositar (60%) pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	<i>141</i>
<i>Slika 74. Kositar (75%) pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	<i>142</i>
<i>Slika 75. Kositar (60%) pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	<i>143</i>
<i>Slika 76. Kositar (75%) pjeskaren keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	<i>144</i>
<i>Slika 77. Olovo pjeskareno keramičkim kuglicama pod tlakom 1 bar:</i>	<i>146</i>
<i>Slika 78. Olovo pjeskareno keramičkim kuglicama pod tlakom 5 bara:</i>	<i>147</i>
<i>Slika 79. Aluminij pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>150</i>
<i>Slika 80. Aluminij pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>151</i>
<i>Slika 81. Bakar pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>154</i>
<i>Slika 82. Bakar pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>155</i>
<i>Slika 83. Bronca pjeskarena kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>158</i>
<i>Slika 84. Bronca pjeskarena kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>159</i>
<i>Slika 85. Mjed pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>162</i>
<i>Slika 86. Mjed pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>163</i>
<i>Slika 87. Cink pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>166</i>
<i>Slika 88. Cink pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>167</i>
<i>Slika 89. Kositar (60%) pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>170</i>
<i>Slika 90. Kositar (75%) pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>171</i>
<i>Slika 91. Kositar (60%) pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>172</i>
<i>Slika 92. Kositar (75%) pjeskaren kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>173</i>
<i>Slika 93. Olovo pjeskareno kvarcnim pijeskom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>175</i>
<i>Slika 94. Olovo pjeskareno kvarcnim pijeskom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>176</i>
<i>Slika 95. Aluminij pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>179</i>
<i>Slika 96. Aluminij pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>180</i>
<i>Slika 97. Bakar pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>183</i>
<i>Slika 98. Bakar pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>184</i>
<i>Slika 99. Bronca pjeskarena korundom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>187</i>
<i>Slika 100. Bronca pjeskarena korundom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>188</i>

<i>Slika 101. Mjed pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>191</i>
<i>Slika 102. Mjed pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>192</i>
<i>Slika 103. Cink pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>195</i>
<i>Slika 104. Cink pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>196</i>
<i>Slika 105. Kositar (60%) pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>199</i>
<i>Slika 106. Kositar (75%) pjeskaren korundom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>200</i>
<i>Slika 107. Kositar (60%) pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>201</i>
<i>Slika 108. Kositar (75%) pjeskaren korundom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>202</i>
<i>Slika 109. Olovo pjeskareno korundom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>204</i>
<i>Slika 110. Olovo pjeskareno korundom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>205</i>
<i>Slika 111. Aluminij pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>208</i>
<i>Slika 112. Aluminij pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>209</i>
<i>Slika 113. Bakar pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>212</i>
<i>Slika 114. Bakar pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bar:</i>	<i>213</i>
<i>Slika 115. Bronca pjeskarena sačmom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>215</i>
<i>Slika 116. Bronca pjeskarena sačmom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>216</i>
<i>Slika 117. Mjed pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>219</i>
<i>Slika 118. Mjed pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>220</i>
<i>Slika 119. Cink pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>223</i>
<i>Slika 120. Cink pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>224</i>
<i>Slika 121. Kositar (60%) pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>227</i>
<i>Slika 122. Kositar (75%) pjeskaren sačmom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>228</i>
<i>Slika 123. Kositar (60%) pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>229</i>
<i>Slika 124. Kositar (75%) pjeskaren sačmom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>230</i>
<i>Slika 125. Olovo pjeskareno sačmom pod tlakom 1 bar:</i>	<i>233</i>
<i>Slika 126. Olovo pjeskareno sačmom pod tlakom 5 bara:</i>	<i>234</i>

10. LITERATURA

Momber, A. (2008.). *Blast Cleaning Technology*. Hamburg: Springer

Scott, D. A. (2002.). *Copper and Bronze in Art: Corrosion, Colorants, and Conservation*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute

Klarić, M. (1998.). *Uvod u konzervaciju kovina*. Omiš: Hrvatski pomorski muzej

Nikšić, G. *Uvod u arhitektonsku konzervaciju - Materijali i tehnike*. Split: Umjetnička akademija u Splitu.

Tabor, D. (2000). *The Hardness of Metals*. dostupno na:

https://books.google.hr/books?hl=en&lr=&id=b-9LdJ5FHXYC&oi=fnd&pg=PA2&dq=mohs+scale+of+hardness+applied+on+metals&ots=A6gYqu1FiN&sig=oS-dLV5SVEO8980ZTAXU_PJ9unw&redir_esc=y#v=onepage&q=mohs%20scale%20of%20hardness%20applied%20on%20metals&f=false, preuzeto 19.09.2017.

C. I. Muneera, S. Varghese, V. Unnikrishnan Nayar (5./6. 1983.). Effect of Sulfur Dioxide on the Oxidation on Thin films of Tin. *Oxidation of Metals*, Vol. 19 , str. 187.-199.

S. Oesch, M. F. (1997., 9.). Environmental Effects on Materials: the Effect of the Air Pollutants SO₂, NO₂, NO and O₃ on the Corrosion of Copper, Zinc and Aluminum. A Short Literature Survey and Results of Laboratory Exposures. *Corrosion Science*, Vol. 39 , str. 1505.-1530.

V. Brusic, D. D. (1991., 7.). Corrosion of Lead, Tin, and Their Alloys. *Corrosion*, Vol. 47 , str. 509.-518.

Mills, R. J. (2014.). *Abrasive Blasting with Post-Process and In-Situ Characterization*. Blackburg, Virginia: Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.

Markusi, M. (2015.). *Zaštita brončane kulturne baštine ekološki prihvatljivim inhibitorom*. diplomski rad. Zagreb: Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu.

Užarević, I. (2013.). *Zaštitna svojstva epoxidne prevlake na aluminiju*. diplomski rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu.

Ivaniš, D. (2009.). *Određivanje tvrdoće materijala Vickersovom metodom uz različita opterećenja*. diplomski rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu.

Zirblast Ceramic Beads:

http://www.delongequipment.com/delong_catalog/pdfFiles/ZIRBLAST%20TDS.pdf , preuzeto 16.09.2017.

Corrosionpedia: Copper Corrosion:

<https://www.corrosionpedia.com/definition/1642/copper-corrosion>, preuzeto 22.08.2017.

Corrosionpedia: Copper Oxide:

<https://www.corrosionpedia.com/definition/4670/copper-oxide>, preuzeto 22.08.2017.

Corrosionpedia: Corrosion:

<https://www.corrosionpedia.com/definition/2/corrosion>, preuzeto 22.08.2017.

Corrosionpedia: Oxidized Copper.

<https://www.corrosionpedia.com/definition/1258/oxidized-copper>, preuzeto 22.08.2017.

Hrvatska enciklopedija: *Metali*, dostupno na:

<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=33551>, preuzeto: 10.05. 2016.

Hrvatska enciklopedija: *bakar*, dostupno na:

<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=5344>, preuzeto: 10.05. 2016.

Hrvatska enciklopedija: *mjed*, dostupno na:

<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=41296>, preuzeto: 10.05. 2016.

Hrvatska enciklopedija: *kositar*, dostupno na:

<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=33326>, preuzeto: 10.05. 2016.

Periodni sustav elemenata: *aluminij*, dostupno na:

<http://www.pse.pbf.hr/hrvatski/elementi/al/index.html>, preuzeto 28.8.2017.

Periodni sustav elemenata: *zink*, dostupno na:

<http://www.pse.pbf.hr/hrvatski/elementi/zn/index.html>, preuzeto 28.8.2017.

Tehnički list - CuSn6, dostupno na: [http://www.aurubis-](http://www.aurubis-stolberg.com/wdb/band/eng/Copper%20tin/CuSn6-PNA%20282_EN.pdf)

[stolberg.com/wdb/band/eng/Copper%20tin/CuSn6-PNA%20282_EN.pdf](http://www.aurubis-stolberg.com/wdb/band/eng/Copper%20tin/CuSn6-PNA%20282_EN.pdf), preuzeto 30.07.2017.

Katalog *Strojopromet*, dostupno na:

<http://www.strojopromet.com/katalozi-po-kategorijama/>, preuzeto 30.07.2017.

Katalog *FerroČrtalič*, dostupno na:

<http://www.ferrocrtalic.com/hr/>, preuzeto 30.08.2017.

Sigurnosni list, dostupno na:

https://www.qualitek.com/Sn60Pb40_Solid_MSDS.pdf, preuzeto: 27.08.2017.

Sigurnosni list – kvarcni pijesak, dostupno na:

<http://www.pjeskara-kvarc.com/wp-content/uploads/2014/08/SIGURNOSNI-LIST-suhi-kvarcni-pijesak.pdf>, preuzeto: 10.09.2017.

Opta Minerals Inc.: *Walnut Shell Abrasive*, dostupno na:

<http://www.optaminerals.com/Abrasives/Walnut-Shells.html>, preuzeto: 12.05.2016.

Tehnični Sistemi: *sodabikarbona*, dostupno na:

http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/soda_bikarbona/, preuzeto: 12.05.2016.

Tehnički sistemi: *staklene kuglive 40-70 µm*, dostupni na:

http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/staklene_kuglice_perle/486/staklene_kuglice_40_70_m/, preuzeto: 12.05.2016.

Tehnični Sistemi: *staklene kuglice*, dostupno na:

http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/staklene_kuglice_perle/, preuzeto: 12.05.2016.

Tehnični Sistemi: *keramičke kuglice*, dostupno na:

http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/keramicke_kuglice_perle/561/keramicke_kuglice_k_120/, preuzeto: 12.05.2016.

Tehnični Sistemi: *korund*, dostupno na:

http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/korund_bijeli_smedzi_mjesani/smedzi_korund/522/korund_vrlo_fine_granulacije_53_do_212_m/, preuzeto: 12.05.2016.

Tehnični Sistemi: *čelična sačma*, dostupno na:

http://pjeskarenje.hr/proizvodi/materijali_za_pjeskarenje/celicna_sacma_grit/, preuzeto: 12.05.2016.

Medicinski priručnik: *silikoza*, dostupno na:

<http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-za-pacijente/bolesti-pluca-i-disnih-putova/profesionalne-bolesti-pluca/silikoza>, preuzeto: 16.09.2017.